



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN 013-2017-FC-UNP

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para evaluar la Tesis denominada "INTEGRANDO LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH CON LA TECNOLOGÍA PLC (Power Line Communications) PARA APLICACIONES DE DOMÓTICA Y M2M" presentado por el señor Bachiller SIANCAS VITE – JOSÉ FRANCISCO, con el asesoramiento del MSc. Franklin Barra Zapata; oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, y de conformidad al Reglamento de Tesis para obtener el Título Profesional en la Facultad de Ciencias, lo declaran:

APROBADO (X)

DESAPROBADO ()

Con la mención de:

Muy Bueno

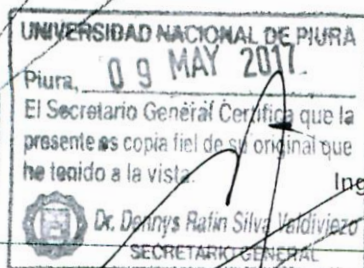
(X) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo de Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES.

(X) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES; después que el sustentante incorpore la sugerencia del Jurado Calificador.

Piura, 18 de febrero de 2017.

Ing. MARIO AUGUSTO RAMOS ECHEVARRIA
PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS

Dr. CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMÍREZ
SECRETARIO DE JURADO DE TESIS



Ing. MIGUEL ÁNGEL PANDURO ALVARADO
VOCAL DE JURADO DE TESIS

Campus Universitario - Urb. Miraflores S/N. Castilla

“UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“INTEGRANDO LA TECNOLOGIA BLUETOOTH CON LA
TECNOLOGIA PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) PARA
APLICACIONES DE DOMOTICA Y M2M”**

PRESENTADA POR:

BACH. SIANCAS VITE JOSE FRANCISCO

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

PIURA – PERÚ

2017

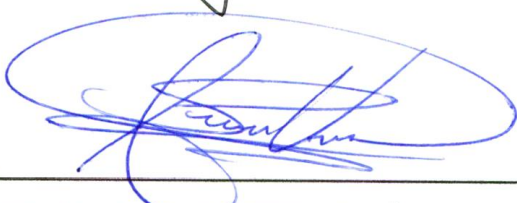
**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

ASESOR:



ING. FRANKLIN BARRA ZAPATA

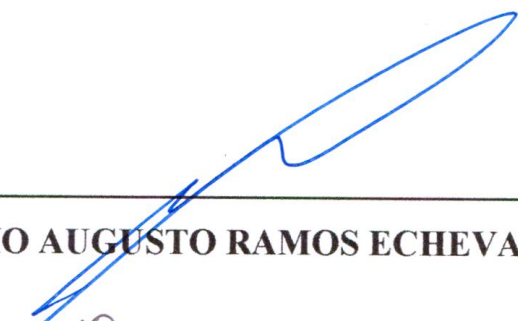
TESISTA:



BACH. SIANCAS VITE JOSÉ FRANCISCO

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE:



ING. MARIO AUGUSTO RAMOS ECHEVARRIA

SECRETARIO:



DR. CARLOS ENRIQUE ARELLANO RAMIREZ

VOCAL:



ING. MIGUEL ANGEL PANDURO ALVARADO

DEDICATORIA

Este nuevo logro dedicado a mis padres
y familiares que me apoyaron incondicional
durante mi formación profesional

AGRADECIMIENTO

Gradecer primero a Dios y muy especialmente a mi madre que fue mi motor y motivo para este logro, y aquellas personas que me han ayudado personalmente en el desarrollo del trabajo de esta índole, comenzando por el Ing. Franklin Barra Zapata a quien agradezco su apoyo en la elaboración del presente sistema de monitoreo innovador.

Un sincero agradecimiento al jefe del área de trabajo, por darme permiso siempre que lo requería.

Sin olvidar a mis amigos y toda mi familia que me apoyaron, mis tias(os), primos y abuelita que siempre me brindaron su apoyo y ánimos para poder salir adelante.

Un agradecimiento muy especial por la paciencia de todos ellos, muchas gracias.

INDICE	PAG
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE TABLAS	11
RESUMEN	12
PALABRAS CLAVES	12
ABSTRACT	13
KEYWORDS	13

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.3.FORMULACION DEL PROBLEMA	17
1.4.HIPÓTESIS GENERAL	14
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA PLC	19
2.1.1 HISTORIA	19
2.1.2. CARACTERÍSTICAS	20
2.2.FUNCIONAMIENTO	20
2.2.1 RED ELÉCTRICA	20
2.2.2 TECNOLOGÍA PLC	21
TECNOLOGÍA PLC	
2.2.3 COMPONENTES BÁSICOS TECNOLOGÍA PLC	24
2.2.3.1.HEAD END (HE)	24
2.2.3.2. HOME GATEWAY (HG)	26
2.2.3.3.CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT (CPE)	27
2.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL CANAL	28
2.2.5 TÉCNICAS DE MODULACIÓN	29
2.2.5.1.MODULACIÓN OFDM	30
2.2.5.1.1. EL TRANSMISOR OFDM	31
2.2.5.1.2. EL RECEPTOR OFDM	31
2.3. TIPOS DE SISTEMAS PLC	33

2.3.1 RED PLC DE ACCESO	33
2.3.2 RED PLC DOMÉSTICA	34
2.3.3. RED PLC DE MEDIA TENSIÓN	35
2.4. PROCESO DE INSTALACIÓN	35
2.5. SERVICIOS	36
2.6. VENTAJAS DE PLC	37
2.7. DESVENTAJAS DE PLC	38
2.8. BLUETOOTH	39
2.8.1 HISTORIA DE BLUETOOTH	40
2.8.2 PRINCIPIOS DEL BLUETOOTH	40
2.8.3 VERSIONES DE BLUETOOTH	40
2.8.4 MÓDULO BLUETOOTH SLAVE (HC-06)	42
2.8.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL:	42
2.8.4.2 ESPECIFICACIONES:	43
2.9. DESCRIPCIÓN DE M2M	44
2.9.1.CARACTERÍSTICAS GENERALES DE M2M	45
2.9.2.CARACTERÍSTICAS DE DISPOSITIVOS M2M	45
2.9.3.ARQUITECTURA DE RED M2M	46
2.9.3.1. ELEMENTOS M2M	46
2.9.4.DOMINIOS DE M2M	47
2.9.5.ETAPAS DE TRABAJO M2M	48
2.9.6.M2M EN LA INDUSTRIA	49
2.9.7.SECTORES Y APLICACIONES	49
2.9.8.EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL DE M2M	50
2.9.8.1. ORIGEN	50
2.9.8.2. ETAPAS DE MADUREZ DE LA INDUSTRIA	50
2.9.8.3. ASPECTOS A MEJORAR EN LA ACTUALIDAD	51
2.9.8.4. FACTORES PARA EL CRECIMIENTO DE M2M	52
2.10. MICROCONTROLADORES.	53
2.10.1 INTRODUCCIÓN AL MUNDO DE LOS MICROCONTROLADORES	53
2.10.2 ¿QUE PUEDEN HACER LOS MICROCONTROLADORES?	54
2.10.3 MICROCONTROLADORES PIC	54
2.10.4 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ATMEL	55
2.10.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES ATmega32.	55

CAPITULO III

DISEÑO DE APLICACIÓN DE DOMOTICA CON TECNOLOGIA INDOOR PLC Y BLUETOOTH

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO	58
TECNOLOGIA INDOOR PLC Y BLUETOOTH	
3.2 DISEÑO DE LA TARJETA ELECTRÓNICA PARA SISTEMA PROPUESTO	59
UNA CASA U OFICINA USANDO TECNOLOGIA INDOOR PLC.	
3.3. COMPONENTES DE LA TARJETA ELECTRÓNICA	60
3.3.1 CONEXIONES DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA32 EN LA	
TARJETA ELECTRÓNICA	60
3.3.2 CIRCUITO PARA ON/OFF DE 4 RELÉS	61
3.3.3. VERIFICACIÓN DE ENERGÍA DE 220VAC EN CASA U OFICINA	61
3.3.4. VISUALIZACIÓN LOCAL PARA RECEPCIÓN DE COMANDOS	62
3.3.5. CIRCUITO DE CONEXIÓN DEL GPS	63
3.3.6. CIRCUITO DE CONEXIÓN CON EL SENSOR DE TEMPERATURA	
LM35DZ	64
3.3.7. CIRCUITO DE CONEXIÓN DE OTROS SENSORES ANALÓGICOS Y	
DIGITALES	64
3.3.8. ACTIVACIÓN DE ALARMAS	64
3.3.9. FUENTE DE ALIMENTACIÓN	65
3.3.10. VISUALIZACION EN DISPLAY DE CATODO COMUN (4DIG)	65
3.3.11. CIRCUITO TRANSMISOR IR	66
3.3.12. COMUNICACIÓN CON EL MODEM PLC	66
3.3.12.1. CARACTERÍSTICAS DEL MODEM PLC	66
3.3.12.2. CONEXIÓN DEL MODEM PLC CON EL MICROCONTROLADOR	
ATMEGA32	67
3.3.12.3. CONEXIÓN DEL MODEM PLC CON ELMODULO BLUETOOTH	68
3.3.13. COMANDOS DE COMUNICACIÓN	70
3.3.14. DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO DE PROGRAMA DEL	
MICROCONTROLADOR	71

CAPITULO IV
COSTOS DEL PROYECTO

CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77

FIGURAS	PAG.
FIGURA 2.1. ARQUITECTURA DE LA RED PLC	21
FIGURA 2.2. CABECERA PLC	22
FIGURA 2.3. REPETIDOR PLC	23
FIGURA 2.4. MODEM PLC	23
FIGURA 2.5. RANGO DE FRECUENCIAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGIA PLC	23
FIGURA 2.6. HEAD END (HE)	25
FIGURA 2.7. CONEXIÓN HEAD END A LA RED ELÉCTRICA	26
FIGURA 2.8. HOME GATEWAY (HG)	26
FIGURA 2.9. CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT (CPE)	27
FIGURA 2.10. CONEXIÓN CPE A LA RED ELÉCTRICA	28
FIGURA 2.11. TIPOS DE RUIDOS EN EL CANAL DE COMUNICACIÓN	29
FIGURA 2.12. MODULACIÓN OFDM	31
FIGURA 2.13. ESQUEMA BÁSICO DE TRANSMISIÓN/RECEPCIÓN DE OFDM	32
FIGURA 2.14. RED PLC DE ACCESO	34
FIGURA 2.15. RED PLC DOMÉSTICA	34
FIGURA 2.16. RED PLC DE MEDIA TENSIÓN	35
FIGURA 2.17. SIMBOLO DE BLUETOOTH	39
FIGURA. 2.18 MODULO BLUETOOTH	43
FIGURA 2.19. ARQUITECTURA M2M.	47
FIGURA 2.20. SECTORES DONDE SE APLICA M2M.	49
FIGURA 2.21. EVOLUCIÓN DE COMUNICACIONES M2M	51
FIGURA 2.22. ESQUEMA DE UN MICROCONTROLADOR.	53
FIGURA 2.23. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ATMEGA32.2	56
FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE DOMOTICA	58
FIGURA 3.2 TARJETA QUE SE ENCARGARA DE LA AUTOMATIZACION DE UNA CASA U OFICINA USANDO TECNOLOGIA INDOOR PLC.	59
FIGURA 3.3. MICROCONTROLADOR ATMEGA32 CONEXIONES	60
FIGURA 3.4. CIRCUITO ON/OFF CON RELÉS	61
FIGURA 3.5. RELÉ DE 11 PINES	35
FIGURA 3.6. CIRCUITO DE CONEXIÓN POR RELÉ DE 11 PINES	62
FIGURA 3.7 CONEXIÓN DEL RELÉ PARA MONITOREO DE FALTA DE ENERGIA	62

FIGURA 3.8 VISUALIZACIÓN DE ESTADO DE CONTENEDORES	62
FIGURA 3.9. CONEXIÓN DEL GPS CON MICROCONTROLADOR	63
FIGURA 3.10 GPS VIRTUAL PARA PROTEUS	63
FIGURA 3.11. TRAMA DE DATOS TRANSMITIDO POR EL GPS	63
FIGURA 3.12. CONEXIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35DZ	64
FIGURA 3.13. OTROS SENSORES ANALÓGICOS Y DIGITALES	64
FIGURA 3.14 CIRCUITO DE ACTIVACIÓN DE ALARMA/SIRENA	64
FIGURA 3.15 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DEL SISTEMA	65
FIGURA 3.16 CIRCUITO PARA VISUALIZACIÓN EN DISPLAY DE CÁTODO COMÚN (4DIG)	65
FIGURA 3.17. CIRCUITO TRANSMISOR IR	66
FIGURA 3.18 MODEM PLC	66
FIGURA 3.19. CONEXIÓN DEL MODEM PLC CON EL MICROCONTROLADOR ATMEGA32	67
FIGURA 3.20. CONEXIÓN DE VARIOS MODEM PLC EN LA LÍNEA DE AC	68
FIGURA 3.21. CONEXIÓN DEL MODULO BLUETOOTH CON PLC	68
FIGURA 3.22 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA PLC – BLUETOOTH	69
FIGURA 3.23. CONFIGURACIÓN DE LCD Y PUERTOS DE COMUNICACIÓN SERIAL Y OTRAS VARIABLES	71
FIGURA 3.24 VARIABLES DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HORA GMT EN EL GPS	71
FIGURA 3.25 RUTINA PRINCIPAL	72
FIGURA 3.26 PROGRAMA DE RECEPCIÓN DE COMANDOS	72
FIGURA 3.27 PARTE DE CÓDIGO PARA EJECUTAR COMANDOS	73

TABLAS	PAG
TABLA 3.1 TABLA DE COMANDOS	70
TABLA 4.1 COSTO DE MATERIALES	74
TABLA 4.2. COSTOS DE MATERIALES MÁS INGENIERÍA	75

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objeto diseñar y probar aplicaciones **Domóticas** con la Integración de la Tecnología **PLC** (Power Line Communications) con la Tecnología Bluetooth.

El sistema de manera mínima estuvo compuesto por un modem PLC conectado con el modulo Bluetooth el cual era el encargado de recibir los comandos para activar o desactivar salidas digitales o para recibir mensajes enviados por el micro controlador, estas señales fueron inyectadas a la red eléctrica de 220v , luego en otro punto de la red eléctrica se conectó el otro **Modem**, el cual estuvo conectado con el microcontrolador, este fue el encargado de controlar las salidas y entradas según el diseño propuesto del sistema domótico, para esa oportunidad el microcontrolador seleccionado fue **ATMEGA32** el cual se ha programado usando el software **BASCOM AVR**.

En el primer capítulo se describe toda la problemática y se establece el objetivo general y los objetivos específicos de la tesis, así como la justificación, los alcances y los límites de la misma. El segundo capítulo hace referencia al marco teórico y las definiciones que nos permiten entender desde lo más básico y fundamental de cada componente utilizado en la aplicación desarrollada.

En el tercer capítulo se muestra el desarrollo de la aplicación paso a paso tanto en el diseño del hardware como del software así también durante ese proceso se muestra los resultados obtenidos.

El cuarto capítulo nos permite analizar los costos para la implementación de este proyecto y al final se muestra las conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVE:

PLC, Domótica, Modem, Atmega32, Bascom AVR

SUMMARY

The present thesis aimed to design and test **Domotic** applications with the Integration of **PLC** (Power Line Communications) Technology with Bluetooth Technology.

The minimum system was composed of a PLC modem connected to the Bluetooth module which was in charge of receiving the commands to activate or deactivate digital outputs or to receive messages sent by the microcontroller, these signals were injected into the electric network of 220v, then in another point of the electrical network was connected the other **Modem**, which was connected to the microcontroller, this was in charge of controlling the outputs and inputs according to the design of the home automation system, for that opportunity the selected microcontroller was **ATMEGA32** Which has been programmed using the **BASCOM AVR** software.

The first chapter describes the whole problem and establishes the general objective and specific objectives of the thesis, as well as the justification, scope and limits of the same. The second chapter refers to the theoretical framework and the definitions that allow us to understand from the most basic and fundamental of each component used in the application developed.

The third chapter shows the development of the application step by step both in the design of the hardware and software, and also during that process shows the results obtained.

The fourth chapter allows us to analyze the costs for the implementation of this project and at the end it shows the conclusions and recommendations.

KEYWORDS:

PLC, Home automation, Modem, Atmega32, Bascom AVR

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 INTRODUCCIÓN

La seguridad y la automatización residencial (DOMOTICA) definitivamente se confirma ya como nueva tendencia en el mundo de la tecnología de la automatización en hogares y oficinas. El proceso que ya vivimos hace unos años con las instalaciones en los edificios u oficinas grandes, hoy en día es posible verlo en las oficinas pequeñas y viviendas. Es ahora cuando las pequeñas organizaciones con verdadera visión pueden ofrecer comodidad, organización, automatización y eficiencia de acuerdo a sus requerimientos. Actualmente los sistemas domóticos aunque requieren un trabajo técnico de diseño, desarrollo son posibles aplicar a un relativo bajo costo y es por ello la importancia de su aplicación, más aún a nivel universitario, donde los conocimientos de los estudiantes y la capacidad investigativa permiten la posibilidad de acceder a una potente y novedosa tecnología de instalación eléctrica que suprime el tendido de conductores en la nueva construcción e instalación de tubos y cableado en la renovación de oficinas o viviendas, como la mayor parte de veces se hace inevitable. Los sistemas domóticos que no requieren cables como vehículo de transmisión, proporcionan soluciones basadas en la transmisión vía radio o PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) desde las aplicaciones más sencillas hasta las más complejas. El sistema que se busca desarrollar tiene como base la manipulación de los actuales dispositivos electrónicos, utilizando Sistemas con MODEM PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS), y comunicación Bluetooth.

1.2. ANTECEDENTES

Según YEFERSON BEDOYA GIRALDO, en su Tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS”, indica lo siguiente:

Uno de los campos que ha registrado mayor evolución en los últimos años, han sido los sistemas de telecomunicación, especialmente la telefonía móvil, que día tras día ofrece más servicios a los usuarios. Por ejemplo la telefonía IP, paquetes de datos, redes Wi-Fi,

mensajes de texto, mensajes multimedia, bluetooth, reproductores de música y videos, televisión análoga, banca virtual, sistemas de información, entre otros.

Según InfoneticResearch, los operadores de telefonía móvil se convierten cada vez más en proveedores de servicios multimedia integrados, generando soluciones de voz y datos para empresas, público general y redes en casa. De esta forma, intentan atender la demanda cada vez mayor de los usuarios, que en 2013 llegarán a ser 630 millones en América latina y 5.750 millones en todo el mundo.

Dentro del panorama de las comunicaciones, aparecen los sistemas de transmisión de datos inalámbricos, estos sistemas son particularmente apropiados para aplicaciones de telemetría o de computadoras portátiles, lo cual permite movilidad, con las ventajas de estar conectados a una red.

El presente trabajo implementó un prototipo de telemetría, control y monitoreo en un sistema de seguridad para vehículos, utilizando como medio de comunicación las redes móviles, a través de una llamada al número del vehículo podrá obtener controles del mismo tales como: activar o desactivar la alarma, abrir o cerrar los seguros, encender o apagar el vehículo, el aire acondicionado, abrir la bodega o el capo, solicitar información de variables físicas del vehículo como la temperatura, niveles de gasolina o aceite. La información de su estado se envía por mensajes de texto al teléfono móvil del usuario.

El trabajo presentado no solo brinda una excelente oportunidad para contribuir al crecimiento del portafolio de servicios de la telefonía móvil, en el que se puede extender a campos en vía de desarrollo como la seguridad, la telemetría y el control, sino que además contribuye a la economía del País.

El sector de las telecomunicaciones en Colombia, como ha sucedido en muchos países del mundo, es un sector que aporta importantes recursos al Producto Interno Bruto (PIB) y que generalmente ha presentado crecimientos superiores al promedio de la economía nacional.

Se plantea entonces como proyecto de grado, la propuesta “IMPLEMENTACIÓN CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS”; la cual está organizada por capítulos, y se encuentran distribuidos de la siguiente manera: en el capítulo I se describe la formulación del

proyecto. En el capítulo II se describe el marco histórico y contextual. En el capítulo III se describe la teoría base del proyecto. En el capítulo IV se hace referencia al diseño con base en la teoría. En el capítulo V se describe la implementación con base al diseño y finalmente se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Según JORGE LUIS CORDOVA REAL, en su Tesis titulada “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS BASADO EN EL USO DE SISTEMAS MULTIFRECUENCIALES (DTMF) PARA LA DIRECCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS”, indica lo siguiente:

La investigación de las nuevas tecnologías de control de dispositivos electrónicos comunes, que pronto veremos implementadas en todos los hogares, representan un gran adelanto y desarrollo para la Escuela. Por lo que el trabajo es implementar en la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato un circuito controlador de sistemas electrónicos basado en el uso de un decodificador de múltiple frecuencia de tonos.

La investigación es justificada por la tendencia a la automatización en varias funciones realizadas en el hogar y en los lugares de trabajo, que nos obliga a realizar un estudio y aplicación que nos permita entender de mejor manera esta tecnología.

El documento está compuesto por cuatro capítulos en los que se detalla: primero, las generalidades y una observación global del proyecto, lo que permitirá conocer brevemente los objetivos y delimitaciones.

Esto da paso a la segunda parte, la creación del marco teórico que detalla el proyecto y nos permite conocer más a fondo acerca del mismo.

La tercera etapa, en el cual se desarrolla el circuito y la aplicación para permitir la instalación del mismo en la Escuela. Finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones del resultado de la implementación del proyecto. Para el desarrollo e implementación del proyecto se investigaron tendencias tecnológicas en automatización, lo cual me llevó al desarrollo de un sistema poco convencional de control a larga distancia mediante una llamada telefónica y la decodificación de tonos, mediante la programación de un PIC de control.

Según KARLA PATRICIA ACOSTA PEÑA, en su Tesis titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SIMULADOR DE CONTROL DOMÓTICO PARA UNA VIVIENDA MEDIANTE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA SMS”, indica lo siguiente:

Este proyecto de desarrollo tecnológico, nuevo en nuestro país, a más de abrir nuevos campos a la automatización de las viviendas, brindando confort, seguridad y bienestar a los usuarios, permite ir un paso más adelante del simple sistema de seguridad que se promociona hoy en día. Este prototipo de control domótico, que brinda un sistema de seguridad, simulador de presencia y domoportero mediante un sistema de comunicación vía SMS, está basado en los pilares básicos de la domótica como son; seguridad, comunicaciones, confort y bienestar y control energético. Todo esto hace que este proyecto sea de gran interés para muchos constructores para mejorar y elevar de nivel sus obras.

El proyecto va orientado para la comodidad de los usuarios, los mismos que con un mensaje de texto desde su celular puede controlar su vivienda, también lo puedo hacer desde el panel de control que se encuentra situado dentro de la misma. Para cualquier configuración o activación / desactivación del sistema lo debe realizar mediante una clave de cuatro dígitos, la cual puede ser modificada por el usuario.

El simulador de presencia es de gran ayuda al momento de hablar de seguridad, ya que el sistema realiza la activación de luminarias en cualquier momento y de cualquier luminaria, sin la necesidad de que el usuario tenga que configurarlo constantemente.

1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es posible integrar la tecnología Bluetooth con la Tecnología PLC (Power Line Communications) para implementar aplicaciones de domótica y M2M?

1.4. HIPÓTESIS GENERAL

Usando las tecnologías existentes, si es posible integrar la tecnología Bluetooth con la Tecnología PLC (Power Line Communications) para implementar aplicaciones de domótica y M2M. Para la seguridad y automatización en residencias.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS GENERAL

Diseñar y probar aplicaciones Domóticas con la Integración de la Tecnología PLC (Power Line Communications) con la Tecnología Bluetooth, para aplicaciones de Domótica y M2M.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Seleccionar sensores para los sistemas de seguridad y automatización de residencias.
- Seleccionar el microcontrolador más adecuado para el simulador
- Configuración del Modem bluetooth
- Configuración del modem PLC
- Diseñar protocolo de comunicaciones del microcontrolador con modem
- Desarrollar Software necesario del sistema
- Probar el sistema

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA PLC

PLC (Power Line Communications), también denominada BPL (Broadband over Power Lines) es una tecnología basada en la transmisión de datos utilizando como infraestructura la red eléctrica.¹

Esta tecnología permite el uso de redes eléctricas para transmitir y recibir datos, permitiendo el uso de Internet, televisión, telefonía, videoconferencia, voz sobre IP, datos a alta velocidad, etc.¹

Esta tecnología hace posible que conectando un módem PLC a la red eléctrica de una casa, se pueda transmitir y recibir datos.¹

2.1.1 HISTORIA

La idea de utilizar el cable eléctrico para la transmisión de información no es nueva, el uso del PLC (Power Line Communications) en sus orígenes se limitaba al control de las líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de las lecturas de contadores. Más adelante, las propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos de modo interno.⁸

En 1997, las compañías United Utilities, de Canadá, y Northern Telecom, de Inglaterra, presentaron al mercado una tecnología que podía conseguir que Internet fuera accesible desde la red eléctrica: el PLC (Power Line Communications). Desde entonces, las compañías eléctricas empezaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes y han sido numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio de comunicaciones.⁸

Luego fueron los alemanes los que se unieron a la carrera por desarrollar la tecnología Power Line Communications. A finales de 1999 y principios del 2000 España ingresó también en esta disputa a través de Endesa.⁸

En la actualidad, en algunos países como Austria o Suiza se ofrecen servicios básicos a un número relativamente bajo de usuarios.⁸

2.1.2 CARACTERÍSTICAS

La característica principal del sistema PLC es el hecho de poder transmitir datos a través de la red eléctrica, Si embargo podemos destacar otras características importantes:

- Tecnología de banda ancha.
- El ancho de banda es de 45 Mbps aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 135 Mbps y en breve se llegará a 200 Mbps, permitiendo la distribución de datos, voz y vídeo de manera rápida y confiable.
- No es necesario realizar ningún tipo de obra adicional para poder usar esta tecnología de banda ancha, ya que utiliza la propia red eléctrica para la transmisión de datos y voz.
- Está a diferencia de otras tecnologías puede llegar a cualquier parte ya que la instalación ya existe.
- Se dispone de una única toma a la cual se conecta un módem con tecnología PLC.
- La conexión es permanente durante las 24 horas del día.
- La instalación que ha de realizar el usuario es sencilla y rápida.
- A través de la línea se puede disfrutar de múltiples servicios como puede ser videoconferencias, voz sobre IP (VoIP), redes LAN, juegos en línea, comercio electrónico, etc.¹

2.2 FUNCIONAMIENTO

2.2.1 RED ELÉCTRICA

Antes de introducir conceptos relativos al PLC conviene describir brevemente lo que se conoce por redes eléctricas, las cuales se dividen en redes de alta, media y baja tensión.¹ La red de alta tensión es una red de transporte que hace llegar la energía desde los centros de producción hasta los de consumo (núcleos de población e industrias). La mayoría de los tendidos de alta tensión son aéreos, y los valores de tensión eléctrica que se manejan en estos tramos son del orden de los cientos de kilovoltios, al permitir estas elevadas tensiones un transporte de la energía más eficiente.¹

En los puntos de consumo, como las ciudades, suele haber grandes centros de transformación que convierten esta energía eléctrica a unos valores de tensión inferiores, de forma que se origina una segunda red, generalmente enterrada, con valores entre 15 y 20 kilovoltios. Ésta es la red eléctrica de media tensión.¹

Por último, se produce una nueva transformación para poder suministrar electricidad a los domicilios. En las ciudades existen instalaciones incorporadas a los edificios o bajo

tierra que se conocen como centros de transformación, y en ellos tiene lugar la transformación a los 220 voltios que se manejan habitualmente en los hogares. Esto es lo que se conoce como baja tensión.¹

2.2.2 TECNOLOGÍA PLC

La tecnología PLC es simplemente un conjunto de elementos y sistemas de transmisión que, basándose en una infraestructura de transporte y distribución eléctrica clásica, permite ofrecer a los clientes servicios clásicos de un operador de telecomunicaciones. La comunicación PLC por los cables electrónicos requiere de un módem cabecera en el centro de transformación eléctrica que ilumina el edificio para enviar la señal.²

En el domicilio del usuario se instala un módem PLC donde se podrán conectar los equipos de transmisión de voz y datos como ordenadores, teléfonos, impresoras y potencialmente otros dispositivos preparados para ello.²

La tecnología Power Line Communications basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un centro transformador, hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos como, por ejemplo, acceso a Internet de banda ancha.²

Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión.²

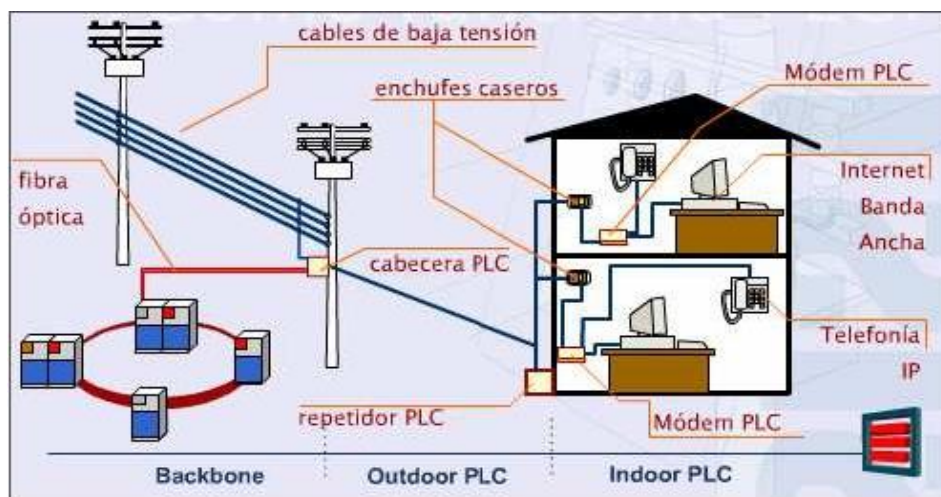


FIGURA 2.1. ARQUITECTURA DE LA RED PLC₂

La arquitectura de esta red consta de dos sistemas formados por tres elementos como se muestra en la figura 2.1.²

El primer sistema denominado “de Outdoor o de Acceso”, cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce “ultima milla”, y que para el caso de la red PLC

comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.²

Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera Head End (HE), primer elemento de la red PLC, que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o backbone. De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.²

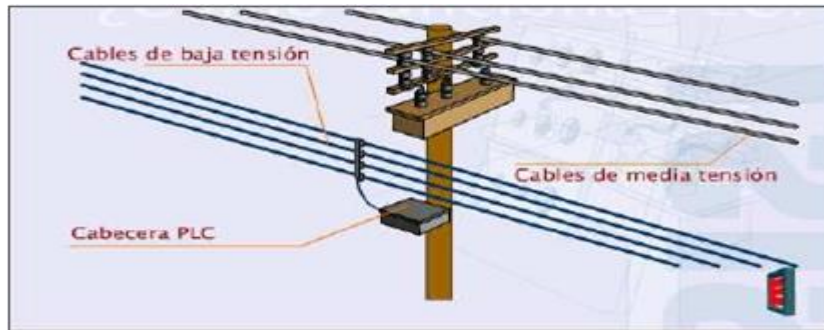


FIGURA 2.2. CABECERA PLC₂

El segundo sistema se denomina “de Indoor”, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.²

Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor Home Gateway (HG), segundo elemento de la red PLC. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un módem terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor.²

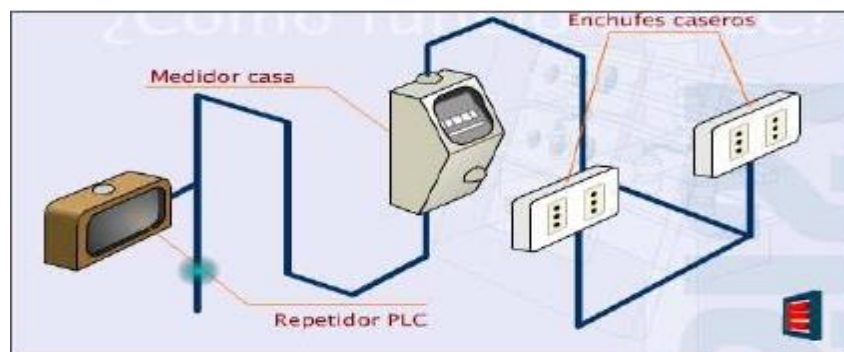


FIGURA 2.3. REPETIDOR PLC₃

El tercer y último elemento de la red PLC lo constituye el módem terminal o módem cliente Customer Premises Equipment (CPE), que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe.²

De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico.²

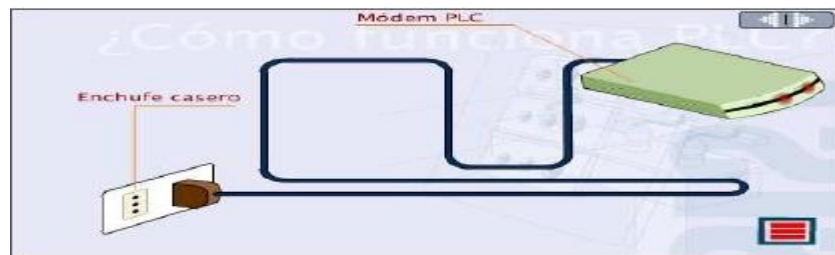


FIGURA 2.4. MODEM PLC₃

A este módem se pueden conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz Ethernet o USB.²

Descrito el sistema y los componentes de la red PLC, es necesario recurrir al espectro de frecuencia para explicar el hecho de que la energía eléctrica y la transmisión de datos puedan compartir un mismo medio sin producirse interferencias.²

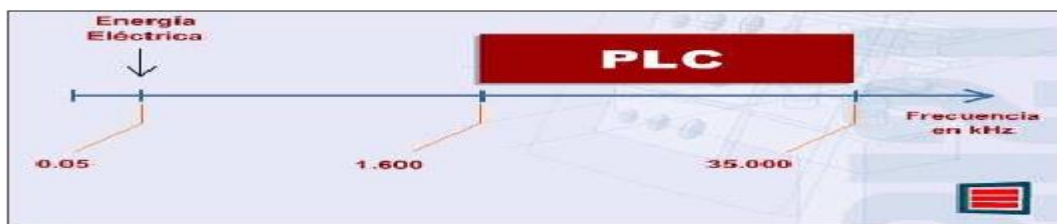


FIGURA 2.5. RANGO DE FRECUENCIAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA PLC₃

Como se observa en la figura 2.5, la energía eléctrica funciona a una frecuencia de 50Hz, aunque eventuales impurezas en su forma de onda puedan producir armónicas que incorporan ruidos hasta los 1000 Hz.²

Por su parte en la tecnología PLC el equipo cabecera (equipo emisor) emite señales de baja potencia (50mW) en un rango de frecuencias que van desde 1.6 Mhz hasta los 35 Mhz, es decir en una frecuencia varios miles de veces superior a los 50 Hz en donde opera la energía eléctrica. Al otro extremo del medio de transmisión (el cable eléctrico) existe un receptor (equipo terminal) que es capaz de identificar y separar la información que ha sido transmitida en el rango de frecuencia indicado.²

El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operen en frecuencias muy distintas y distantes, permite que estos puedan compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro. De esta manera, la tecnología PLC permite aprovechar una propiedad propia del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba sin aprovechar: la banda de frecuencia no utilizada por la energía eléctrica.²

2.2.3 COMPONENTES BÁSICOS TECNOLOGÍA PLC

El sistema de comunicaciones sobre red eléctrica (PLC) consiste en una red full dúplex punto a multipunto, que se soporta básicamente sobre tres elementos activos, sin mencionar el equipamiento de acople y bloqueo de señal que son elementos pasivos. Estos son:

- Head End (HE)
- Home Gateway (HG)
- Customer Premises Equipment (CPE)³

2.2.3.1 HEAD END (HE)

El equipamiento Head End o HE, puede considerarse para efectos prácticos como un equipo de modulación y demodulación de señal (módem). Y generalmente es propiedad de la compañía eléctrica.³

El HE tiene como función principal interconectar la red troncal de transmisión de datos o backbone con la red eléctrica, actuando en cierta manera como un router. Para lograr dicha función este equipo toma la señal digital en banda base de la red troncal, y mediante métodos de modulación digital inyecta la señal a la red eléctrica, y mediante un proceso inverso inyecta la información proveniente del usuario de la red eléctrica a la red troncal.³



FIGURA 2.6. HEAD END (HE)³

Para inyectar la señal de datos a la red eléctrica, el HE emplea la técnica de modulación digital OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexion) o multiplexión por división de frecuencia ortogonal, (esta técnica se comentara con detalle más adelante), modulando cada una de las portadoras con modulación QAM, con una densidad espectral de 8 bits/Hz, esta densidad depende de las condiciones del canal tal como de la relación señal-ruido (SNR), ya que el sistema al detectar una disminución del SNR disminuye la densidad espectral a fin de mantener constante la tasa de error por bit o BER.³

El rango de frecuencias de operación de este equipamiento, es de 2.46 Mhz hasta 11.73 Mhz, con un ancho de banda de 9.27 Mhz a través del cual puede transmitir 45 Mbps, de forma asimétrica, es decir, 18 Mbps de subida y 27 Mbps de bajada.³

La información la transmite a través de tramas o paquetes con una longitud mayor o igual a 8Kb. Manejando tráfico en tiempo real lo cual permite transmitir voz y video.³

Los paquetes son enviados mediante ráfagas de datos en forma de paquetes orientados, de manera semejante a la operación de una red con protocolo TCP/IP, lo que permite transmisión de voz sobre IP y video sobre IP.³

La tasa de transferencia va desde los 2Mbps hasta los 45 Mbps, dependiendo de la frecuencia de operación, así como de la relación señal-ruido, con un ancho de banda máximo de 10 Mhz. ³

El tiempo de retardo en la transmisión de paquetes o latencia, normalmente es menor a los 3 ms, aunque esto depende también de la calidad del canal y de la cantidad de tráfico.³

De cara a la red troncal el HE, obtiene los datos en banda base mediante una interfaz de datos Ethernet 10/100 BaseT.³

El HE se sitúa por lo general junto al transformador de media a baja tensión y se comunica con diversos Home Gateways y/o CPEs. Este se conecta a la estación transformadora a través de las “bus bars”, como se muestra en la figura 2.7.³

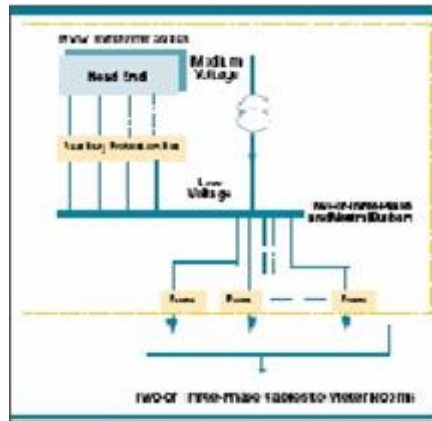


FIGURA 2.7. CONEXIÓN HEAD END A LA RED ELÉCTRICA₃

El HE se considera el dispositivo maestro de la red PLC y proporciona elevado ancho de banda a un máximo de 254 nodos.₃

2.2.3.2 HOME GATEWAY (HG)

Un Home Gateway es una combinación de un CPE y un HE, básicamente posee las mismas características de un HE y la principal diferencia entre ambos quipos radica en el hardware empleado, ya que el HG integra una tarjeta de transmisión y recepción compatible con el HE por un lado, mientras que por el otro integra una tarjeta de transmisión y recepción compatible con el equipo PLC del usuario final CPE.₃

La razón principal por la que el HG integra dos tarjetas distintas se debe a que los rangos de frecuencias empleados en el tramo HE-HG (2.46 Mhz a 11.73 Mhz) son diferentes al rango de frecuencias de frecuencias empleados en el tramo HG-CPE (13.88 Mhz a 22.8 Mhz).₃



FIGURA 2.8. HOME GATEWAY (HG)₃

La función principal de un HG es regenerar la señal PLC. Sin embargo se puede utilizar como repetidor para amplificar la señal transmitida a grandes distancias o donde exista excesiva atenuación afectando a la señal, e incluso como un router para implementar una LAN doméstica (in-home).₃

Si se requiere un Home Gateway (HG), por lo general se sitúa junto al punto de entrada de electricidad del edificio o vivienda, como en el cuarto de contadores o la caja de protecciones. Esto facilita que se convierta en un excelente sistema de distribución de acceso. Puesto que un HG puede controlar hasta 256 módems de cliente (CPE).³

2.2.3.3 CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT (CPE)

El CPE suele ser propiedad del usuario y no es más que un módem PLC.

Este módem puede estar integrado en una caja decodificadora externa o bien como una tarjeta instalada en el PC del usuario, que se conecta directamente al enchufe eléctrico.³



FIGURA 2.9. CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT (CPE)

Una de las ventajas de estos equipos es que operan en modo full-duplex, y en modo punto-multipunto, además de integrar un puerto para transmisión de voz sobre IP, generalmente incluyen dos interfaces Ethernet IEEE 802.3 (10/100 Mbps), y un puerto USB.³

Estos equipos están diseñados para operar con 110 V o 240 V entre 50 Hz y 60 Hz, inyectando la señal a través de acopladores de línea integrados, de tal forma que solo sea necesario conectar el equipo a la red eléctrica.³

Los datos son transmitidos desde el CPE al HE. El CPE es el esclavo en la red, y su acceso ha debido ser autorizado previamente por el HE. El HE también asignará slots específicos, de frecuencia y tiempo, en el canal de comunicación, a diversos CPEs, para permitirles transmitir simultáneamente.³

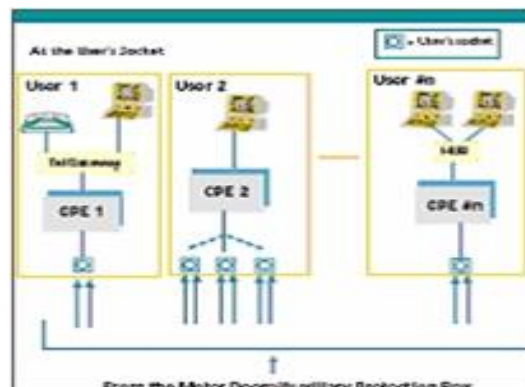


FIGURA 2.10. CONEXIÓN CPE A LA RED ELÉCTRICA

2.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL CANAL

La tecnología PLC se ha desarrollado teniendo muy en cuenta las propiedades del canal de comunicaciones, o sea, la red eléctrica de baja tensión.³

La red eléctrica no es un sistema lineal e invariante en el tiempo, lo que añade más dificultad a su uso y complica su caracterización respecto a atenuación, ruido y distorsión. La gran variedad de dispositivos que pueden estar conectados hace que el ruido introducido por estos sea muy variado.³

Además, la red eléctrica del hogar no está diseñada para transmitir señales a alta frecuencia, por lo que al hacerlo se convierte en una fuente de ruido que hay que limitar.³

Otro problema tecnológico a resolver es que al ser la red eléctrica un medio de transmisión compartido por varios abonados debe usarse algún sistema de encriptación para proteger la información.³

Las características del canal son dependientes de la frecuencia, del tiempo y de la localización del transmisor y del receptor.³

La red eléctrica tiene las siguientes características en cuanto a su respuesta en frecuencia:

- Presenta desadaptaciones de impedancia, las cuales producen reflexiones.
- Su atenuación se incrementa con la distancia y con la frecuencia.
- Su impedancia varía con el tiempo en un rango muy grande, según estén o no conectados ciertos aparatos eléctricos.³

Aunque las medidas han mostrado que las características del canal no varían rápidamente con el tiempo, si lo hacen frecuentemente, por lo que deben adaptarse sus parámetros de transmisión continuamente.³

Se ha estudiado el tipo de ruido que puede encontrarse en el canal de comunicaciones y el resultado es el siguiente:



FIGURA 2.11. TIPOS DE RUIDOS EN EL CANAL DE COMUNICACIÓN

- Ruido de fondo estacionario durante segundos u horas. Formado principalmente por ruido coloreado, ruido de banda estrecha y ruido periódico.³
- Ruido impulsivo con duraciones que van de microsegundos a milisegundos. Formado principalmente por ruido impulsivo periódico y ruido impulsivo asíncrono producido por apagados y encendidos.³

2.2.5 TÉCNICAS DE MODULACIÓN

La señal PLC va modulada entre 1,6 y 40Mhz dependiendo del sistema, actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes e incompatibles entre si, básicamente estos tipos de modulación:

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation). Puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD).
- GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Es una forma especial de modulación en banda estrecha. Usado con la versión de transportador sencilla de PLC proporcionando anchos de banda bajos, menores a 1MB.
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Que usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos. Usado con la multi versión de transportador de PLC proporcionando un ancho de banda de 45MB.

- MC-CDMA (Multiple Carrier-Code Division Multiple Access). Es una combinación de CDMA y OFDM, la cual permite incrementar el número de subportadoras y es posible llegar a alcanzar más de 100 Mbps.⁶

2.2.5.1 MODULACIÓN OFDM

De las técnicas antes mencionadas, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es el esquema de modulación mas utilizado. Esta técnica de modulación digital es similar a FDM (Frequency Division Multiplexing) y su operación básica consiste en distribuir los datos entre un gran número de portadoras situadas a determinadas frecuencias.⁶

OFDM es una modulación que define una secuencia de símbolos en el dominio de la frecuencia para transmitir en el dominio de tiempo, y mapear las muestras recibidas de nuevo al dominio de la frecuencia.⁶

OFDM es una técnica de modulación de alta eficiencia espectral que maneja muy bien el ruido, los cambios de impedancia y las reflexiones producidas por los múltiples caminos que recorre la señal. Otra ventaja es su habilidad para usar o dejar de usar cualquier subcanal, con el fin de mantener una óptima tasa de error. Esto permite además evitar interferencias con otros sistemas y poder cumplir los niveles de emisión regulados por las normas (véase figura 2.12).⁶

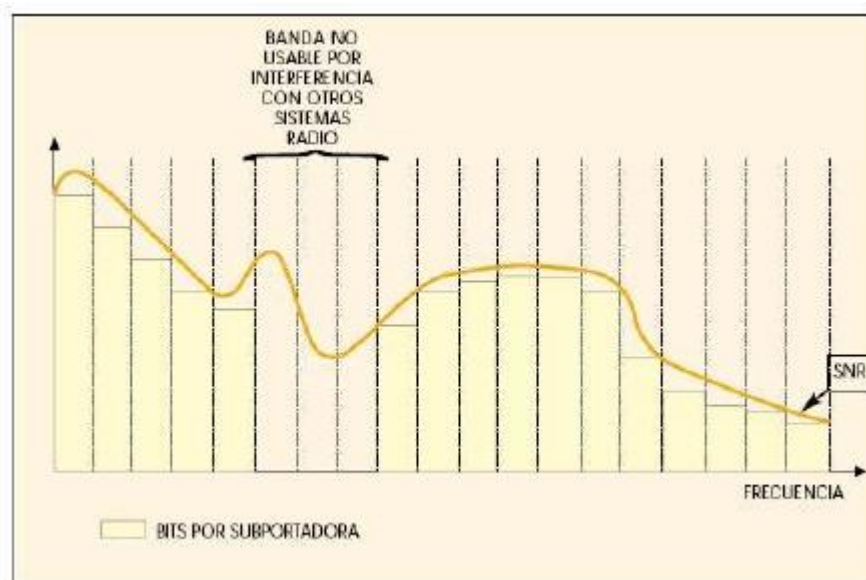


FIGURA 2.12. MODULACIÓN OFDM₃

Mediante OFDM puede alcanzarse velocidades de hasta 45 Mbps. El sistema usa modulación adaptativa, o sea, es capaz de medir los niveles de atenuación y ruido con una alta resolución espectral y en base a esta información usar unas u otras

subportadoras para enviar la información. En cada subportadora se usa modulación QAM.⁶

2.2.5.1.1. EL TRANSMISOR OFDM

La fuente de datos entra al transmisor es codificada, convertida de serial a paralelo y dividida en N grupos de v bits. Cada uno de estos grupos representa un símbolo, que es asignado a cada uno de los sub-canales.⁶

Luego esta cadena codificada de bits ($AN, N-1$), son puestos bajo un IFFT (Inverse Fast Fourier Transform o transformada rápida inversa de Fourier) para obtener una señal en el dominio de la tiempo $s(t)$. Se realiza esta conversión ya que es una manera simple de asegurarse que las señales producidas sean ortogonales. Luego esta señal es convertida nuevamente de paralelo a serie.⁶

Después el convertidor Digital a Análogo y filtro pasabajo, filtra la señal para ser amplificada por un amplificador de potencia para finalmente ser acoplada a la línea.⁶

2.2.5.1.2. EL RECEPTOR OFDM

La señal recibida $r(t)$ es una versión distorsionada de $s(t)$. Esta señal es tomada a la entrada del receptor y convertida de serie a paralelo y de analógica a digital con una tasa de muestreo de $1/T_s$. Luego esta señal se le aplica la transformada rápida de Fourier (FFT) para transformar la señal en el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El resultado es un vector KN , que representa los coeficientes de Fourier de la señal recibida. Por último se decodifica esta señal y se pasa por un filtro para obtener así la fuente de datos originalmente transmitida.⁶

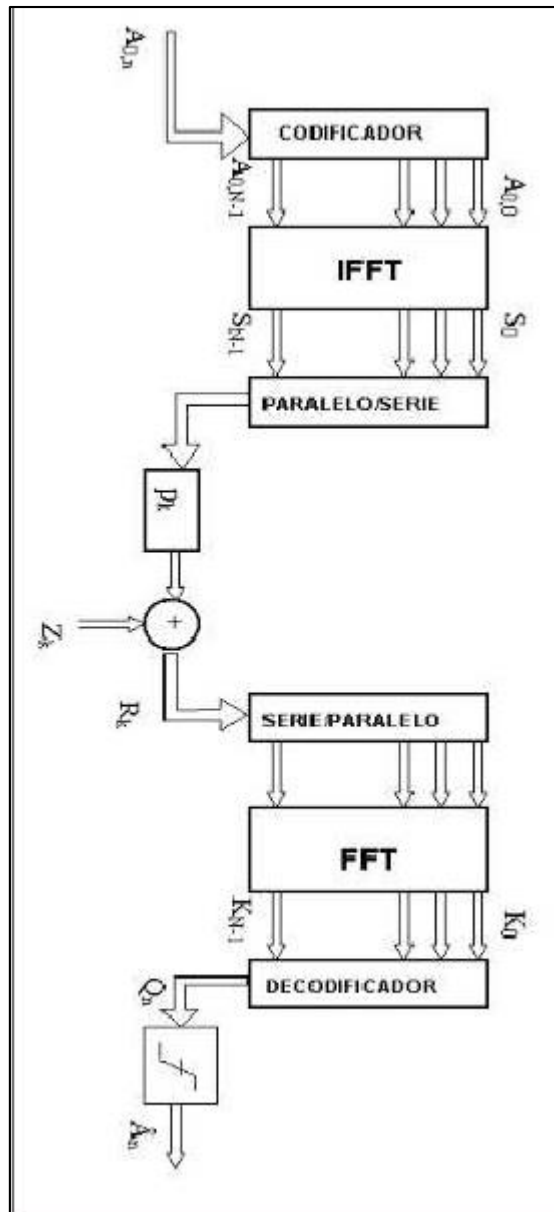


FIGURA 2.13. ESQUEMA BÁSICO DE TRANSMISIÓN/RECEPCIÓN DE OFDM₃

2.3 TIPOS DE SISTEMAS PLC

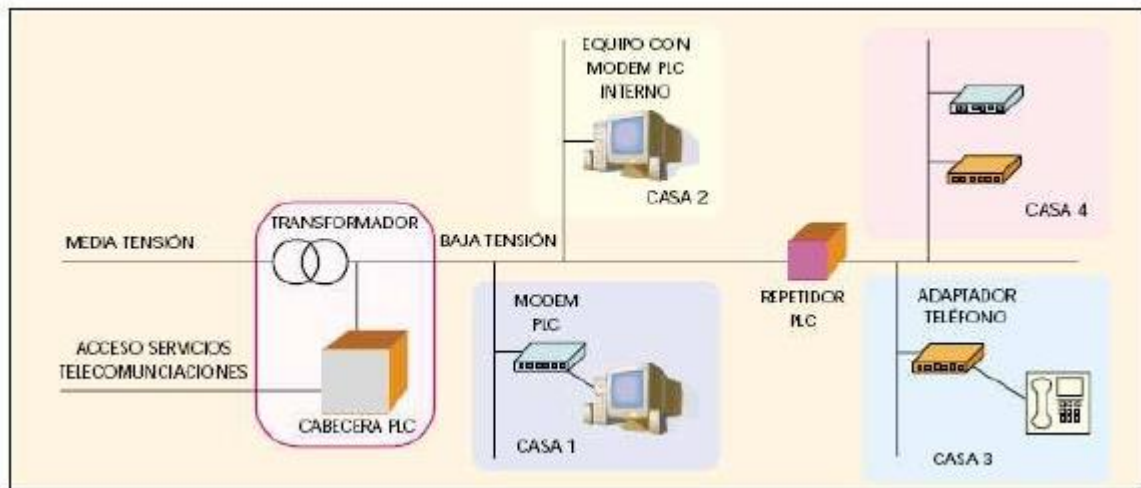
Existen varios tipos de sistemas PLC dependiendo del lugar de la red eléctrica donde se despliegan:

- Red PLC de acceso: Se despliega la comunicación entre el transformador de baja tensión y la red doméstica. Son una alternativa a los sistemas xDSL.
- Red PLC doméstica: Se despliegan la comunicación utilizando la red eléctrica interior de la casa. Este tipo de red complementa a los servicios de acceso y puede competir con las redes LAN.
- Red PLC de media tensión: Es un sistema para el transporte de datos y una alternativa a los sistemas de fibra óptica.⁶

2.3.1 RED PLC DE ACCESO

La red PLC de acceso es un sistema full duplex punto a multipunto con los siguientes elementos (figura 2.14):

- Equipo de de cabecera (HE): Tiene la función de router y está situado junto al transformador de baja tensión. Básicamente es un módem digital de alta velocidad y actúa como maestro en el sistema PLC. Tiene la función de asignar el uso del canal de comunicaciones entre los diversos usuarios conectados a él (hasta 256). Es propiedad de la compañía eléctrica.³
- Módem PLC (CPE): Es el equipo situado en casa del abonado eléctrico. Funciona siempre como esclavo del equipo de cabecera. Los hay de tipo externo, los cuales convierten cualquier enchufe de la casa en un punto de acceso a Internet. En ese caso disponen de un puerto Ethernet o USB para conectar el ordenador. También los hay de tipo interno, los cuales están integrados en el ordenador. El módem PLC dispone de una entrada (RJ11) que permiten conectar un teléfono analógico.³
- Repetidor PLC (HG): Se emplea en los casos en los que la distancia del abonado del equipo de cabecera es demasiado grande y la señal recibida es pequeña. La máxima distancia hasta el abonado, sin repetidor, es de unos 350 metros.³



2.3.2 RED PLC DOMÉSTICA

La red PLC doméstica consta de los siguientes elementos (figura 2.15):

- Pasarela doméstica: Realiza la función de interfase entre la red exterior (PLC, xDSL, LMDS, fibra, etc.) y la red interior.
- Módem PLC: Realiza la función de interfase entre los equipos domésticos (PC, impresora, teléfono, TV, etc.) y la red eléctrica interior.³

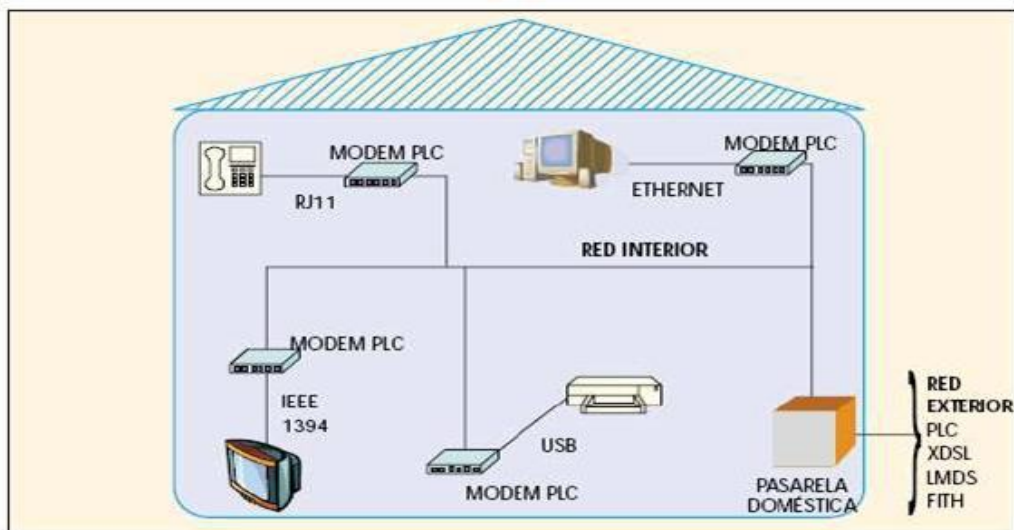


FIGURA 2.15. RED PLC DOMÉSTICA₃

2.3.3. RED PLC DE MEDIA TENSIÓN

En este caso la tecnología PLC se aplica a las líneas de media tensión como transporte de datos desde los transformadores de alta/media tensión hasta los transformadores de media/baja tensión. Esta red consta de los siguientes elementos (figura 2.16):

Unidad de transmisión: Hace de interfaz entre los servicios de telecomunicaciones externos y la unidad acopladora³

Unidad acopladora: Conecta la unidad de transmisión al cable de potencia.³

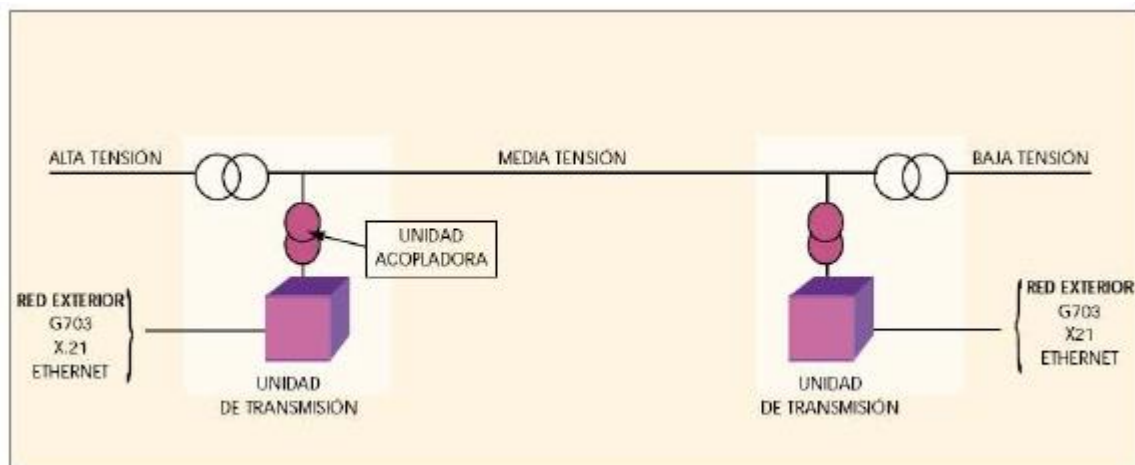


FIGURA 2.16. RED PLC DE MEDIA TENSIÓN³

2.4. PROCESO DE INSTALACIÓN

Para la implementación de esta tecnología se deben seguir las siguientes fases:

- Reconocimiento de la red eléctrica. En esta etapa se identifican las características de la red y se realiza un mapa para determinar los sitios posibles de instalación de esta tecnología.³
- Instalación del módem de cabecera. El HE o módem de cabecera ha de instalarse estratégicamente situado de forma que la señal inyectada en un sólo punto consiga una amplia cobertura.³
- Comprobaciones de cobertura. Verificar el grado de cobertura de la señal PLC en la red eléctrica, permite comprobar la calidad de la transmisión en los diferentes puntos y la evaluación de la necesidad de eventuales equipos repetidores en la red PLC (HG) como la posible ubicación de los mismos.³
- Realización de un mapa de la red PLC. Una vez realizadas las pruebas pertinentes se procede a configurar un mapa de la red PLC, con todos los datos sobre la ubicación del HE, los repetidores HG y los equipos de usuario CPE.³

- Instalación de Equipos. Finalmente se procede a la instalación de los equipos CPE en sus correspondientes ubicaciones.³

2.5. SERVICIOS

Con la tecnología PLC se puede disfrutar de innovadores servicios de comunicaciones. La implementación de la tecnología PLC, por su gran ancho de banda y bajo costo, hace posible el desarrollo de servicios a distancia para el hogar y la oficina.³

En el hogar:

1. Internet avanzado. Se puede tener acceso a Internet de alta velocidad.
2. Mensajería unificada. Buzón único para todos los mensajes de telefonía fija, móvil (SMS), Fax y correo electrónico.
3. Televisión, música y radio. Se puede descargar video y sonido desde la Internet. Se tendrá acceso a películas, televisión, programas de radio.
4. TV digital interactiva. Con la conexión a la televisión digital se puede realizar comercio electrónico, reservas, entradas, juegos, entretenimiento multimedia e Internet.
5. Juegos en la red. Se puede participar en campeonatos de juegos en línea con otros contrincantes en la Red.
6. Domótica. Se puede controlar los electrodomésticos a distancia, por ejemplo desde el trabajo o mientras se está de vacaciones: poner la lavadora, encender el aire acondicionado, conectar el horno, grabar una película, alimentar a los peces, etc.
7. Seguridad a distancia. Alarmas de robo e incendio que protegen la casa conectándola directamente con la central de policía y/o de los bomberos.
8. Telediagnóstico. Los servicios técnicos de los fabricantes de los electrodomésticos pueden conocer las averías y presupuestar las reparaciones sin tener que desplazarse, ahorrando costos y molestias innecesarias.
9. Teleasistencia. Posibilita la vigilancia de niños o enfermos a distancia.
10. Telefonía. Se puede disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.³

En la oficina:

Trabajo en grupo. Compartir, ver y modificar documentos de forma simultánea por el mismo equipo de trabajo.

1. Redes privadas virtuales (VPN). Comunicar las oficinas para transmisión privada de voz y datos.
2. PYMES. No se necesita costosas instalaciones de teléfono y líneas de datos para disponer de una red local.
3. Videoconferencia. Se puede ver y hablar con clientes a bajo costo, estén donde estén.
4. Teletrabajo. Trabajar desde la casa a través de una conexión rápida, económica, segura y permanente³

2.6. VENTAJAS DE PLC

Los beneficios que tiene esta tecnología son múltiples. Las empresas proveedoras de electricidad podrían ingresar fuertemente al ámbito de las telecomunicaciones y, lo que es mejor, sin incrementar sus costos pues la conexión es posible hacerla desde cualquier enchufe disponible. Una ventaja importante de este descubrimiento se podría traducir en un salto cuantitativo para el desarrollo de las comunicaciones en países del tercer mundo, si tomamos en cuenta que la inversión es reducida debido a que las redes de transmisión ya existen en todos los países de nuestro continente.⁶

En cualquier caso, las posibilidades de interconectar a las personas y a los países mediante el tendido eléctrico harían accesibles muchos servicios como Internet, y lo transformaría en un medio masivo, ampliando el número de potenciales.⁶

En primer lugar, hay que tener en cuenta que en todos los hogares y oficinas hay enchufes, con lo que no es necesario realizar incómodas obras ni molestas cableadas para obtener el servicio ya que PLC utiliza los cables que ya están instalados, lo que hace posible conectarse a Internet o hablar por teléfono desde cualquier enchufe. En lo que respecta a la conexión a Internet se obtienen velocidades vertiginosas. Carece de las limitaciones del ADSL o del cable y, al ser la red eléctrica la más extendida del planeta, puede llegar a pueblos o localidades que otras tecnologías no pueden abastecer, ya que es económicamente rentable.⁶

Resumiendo, las ventajas que ofrece PLC son las siguientes:

- Despliegue sencillo y rápido. El despliegue de la tecnología PLC es muy rápido y sencillo, porque utiliza infraestructura ya instalada (los cables eléctricos).
- Servicio PLC desde diferentes habitaciones. La tecnología PLC permite conectarse a Internet y/o hablar por teléfono desde los enchufes eléctricos,

ofreciendo la posibilidad de navegar y/o hablar de diferentes habitaciones de la casa u oficina.

- Hablar y navegar al mismo tiempo. La tecnología PLC permite la transmisión simultánea de voz y datos (se puede navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo).
- Alta velocidad. Conexión a Internet a alta velocidad.
- Instalación simple y rápida. Instalación simple y rápida en casa del cliente (solo es necesario conectar un módem PLC), y no requiere obras ni cableado. Con un solo repetidor se provee de conexión hasta 256 hogares.
- Multitud de nuevos servicios. Puede suministrar múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP (un solo módem permite el acceso a Internet a alta velocidad y telefonía, así como diversos servicios a distancia como demótica, TV interactiva, Teleseguridad, etc.).
- Conexión permanente. Proporciona una conexión a Internet permanente (las 24 horas del día) y sin interrupciones.
- Red local. Los enchufes eléctricos son suficientes para disponer de una red local en la vivienda u oficina.⁶

Con todo esto, las mayores ventajas de Power Line apuntan a su disponibilidad mundial, efectividad del costo y facilidad de instalación. A la vez, la conveniencia de conectar cualquier dispositivo a través de un enchufe de corriente permite navegar, bajar videos, transmitir datos y hablar por teléfono⁶

2.7. DESVENTAJAS DE PLC

La tecnología PLC aún ha de enfrentarse a una serie de problemas que es necesario resolver. La primera desventaja que debe superar es el propio estado de las líneas eléctricas. Si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos no es posible utilizar esta tecnología. La distancia también puede ser una limitación, la medida óptima de transmisión es de 100 metros por lo que, a mayores distancias, se hace necesario instalar repetidores (HG).⁶

Además, el cable eléctrico es una línea metálica recubierta de un aislante.⁶

Esto genera a su alrededor unas ondas electromagnéticas que pueden interferir en las frecuencias de otras ondas de radio. Así, existe un problema de radiación, bien por ruido hacia otras señales en la misma banda de frecuencias como de radiación de datos, por lo que será necesario aplicar algoritmos de descifrado.⁶

No obstante, la radiación que produce es mínima, la potencia de emisión es de 1mW, muy por debajo de los 2W de telefonía móvil.⁶

Los fabricantes de electrodomésticos tienen un especial cuidado en todo lo referente a su correcto funcionamiento, pero muy pocos se preocupan en que no generen interferencias en otros equipos. Así, taladros, motores, etc., provocan ruido en las líneas que impide mantener la calidad de la comunicación. Para evitarlo, es necesario localizar los equipos que los causan y aislarlos mediante un filtro.⁶

Todo lo anterior se ha traducido en problemas regulatorios en distintos países, lo que lleva a pensar en una solución que permita la implementación sin problemas de esta tecnología.⁶

Otro problema es la estandarización de la tecnología PLC, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollando dicha tecnología. Para solventar este problema, la organización internacional PLCForum intenta conseguir un sistema estándar para lo cual está negociando una especificación para la coexistencia de distintos sistemas PLC. Otro protocolo para líneas PLC fue creado por empresa israelí Nisko que desarrollo el NISCOM.⁶

2.8. BLUETOOTH

El bluetooth, propiamente dicho, es un sistema de transmisión de datos entre dispositivos a corta distancia que no necesita de cables, ya que la transferencia se hace de manera inalámbrica. La banda de transmisión de datos en las que se mueve es la que va entre los 2,4 a 2,48 GHz de amplio espectro, con posibilidad de transmitir hasta 1600 saltos/s. con un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz.

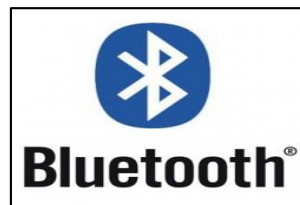


FIGURA 2.17. SIMBOLO DE BLUETOOTH

Esto es lo que viene a ser la definición de bluetooth de una manera técnica, podríamos decir que:

“Bluetooth es un sistema de enviar y recibir archivos, música, datos, vídeo, imágenes o incluso voz sin necesidad de cables y a una corta distancia”. [8]

Además a través de la conexión bluetooth, podremos conectarnos de manera inalámbrica a otro dispositivo para compartir la conexión de Internet.

2.8.1 HISTORIA DE BLUETOOTH

El nombre de bluetooth tiene un origen de procedencia nórdica, concretamente del rey de Noruega y Dinamarca llamado Harald Blåtand, cuya traducción literal al inglés sería la de *Harold Bluetooth*. Este noble personaje fue conocido por ser un buenísimo comunicador, el cual hizo la gran gesta de unir las diferentes tribus noruegas, suecas y danesas.

2.8.2 PRINCIPIOS DEL BLUETOOTH

La primera empresa que creó un equipo de trabajo para investigar sobre sistemas de comunicación entre dispositivos, fue Ericsson, que allá por el año 1994 comenzó la investigación de una nueva interfaz de bajo consumo y coste, destinada al envío y recepción de datos entre teléfonos móviles y otros dispositivos.

No fue hasta el año 1999, cuando se creó el SIG de Bluetooth (*Special Interest Group*), el cual consistía en la unión de diferentes empresas, entre las cuales se encontraban en un primer momento Ericsson, Intel, Nokia, Toshiba e IBM. A estas empresas fundadoras del grupo, tan solo unos meses después se les unieron otras empresas de la tecnología tan importantes como Microsoft, 3COM, Motorola y Lucent.

2.8.3 VERSIONES DE BLUETOOTH

BLUETOOTH V1.0 Y V1.0B

Los primeros emisores receptores de bluetooth, fueron el v1.0 y v1.0B, los cuales ya están prácticamente obsoletos, y dieron muchísimos problemas a los fabricantes de teléfonos para la interacción entre dispositivos de diferentes compañías, asimismo, tenían el gran defecto que en cada transmisión de datos se enviaba nuestra dirección privada de dispositivo bluetooth, perdiendo así el anonimato que nos pudiese brindar este tipo de conexión inalámbrica.

BLUETOOTH V1.1

- Usa el estándar **IEEE 802.15.1-2002**
- Corregidos errores de las versiones anteriores.
- Canales no encriptados añadidos y soportados.
- Añadido el indicador de la señal o también denominado (*RSSI*)

BLUETOOTH V1.2

- Compatibilidad con usb **1.1**.
- Mejora la velocidad de conexión y transferencia de datos.
- Añadida la función de detección de otros dispositivos bluetooth en el radio de actuación.
- Notables mejoras en la calidad del audio.
- **Host Controller Interface (HCI)**
- Nuevo protocolo estándar **IEEE 802.15.1-2005**.
- Añadido control de flujo y modos de retransmisión **L2CAP**.

BLUETOOTH V2.0 + EDR

La mejora implementada en esta nueva versión, hace referencia a la opción del propio fabricante del dispositivo de incorporar la **EDR** (*Enhanced Data Rate*), esto no viene a significar que todos los dispositivos **2.0** vengan con este sistema de transmisión de datos a mayor velocidad, ya que como he comentado es de carácter opcional. Su transferencia máxima de datos es de **3Mb/s**. aunque su tasa real máxima sea la de **2.1Mb/s**. esta versión mantiene la compatibilidad con la versión anterior de la interfaz bluetooth.

BLUETOOTH V2.1 + EDR

Las mejoras de esta nueva versión, son mejoras sustanciales siempre mirando hacia la seguridad de nuestros datos, así de esta manera se ha añadido **Secure Simple Pairing (SSP)**, lo que permite un mejor filtrado de nuestros datos y una seguridad superior a la de la versión anterior. A su vez, se ha mejorado notablemente el consumo de energía, gracias a la nueva tecnología **power saving**.

BLUETOOTH V3.0 + HS

Este nuevo modelo de la interfaz, fue lanzado en abril de 2009, y su mayor logro es el aumento de la velocidad de transmisión de datos hasta los 24Mb/s., además de incluir una nueva característica la cual hace uso del **wifi** para el envío y recepción de grandes paquetes de datos, usando el estándar **802.11** de alta velocidad, esta nueva característica es denominada Alternativa MAC / PHY

BLUETOOTH V4.0

Esta versión es la más reciente de todas, y fue lanzada en el año 2010, combina la tecnología bluetooth clásica con la conexión inalámbrica **vía wifi**, para dotar a los dispositivos en los que vienen instalados de una velocidad de emisión y transferencia de

datos de nada más y nada menos que de **32Mb/s.** Esta nueva interfaz de **bluetooth** viene incluida en los más avanzados **Smartphones** y dispositivos tecnológicos de última generación.

BLUETOOTH V4.1

Los responsables del desarrollo de la especificación Bluetooth han presentado una nueva versión. La actualización 4.1 que incorpora novedades importantes de cara al usuario al facilitar la reconexión entre sus dispositivos una vez que estos salen y vuelven a entrar en el radio de acción, y que claramente orienta su uso al internet de las cosas.

Estas novedades facilitan la conexión y reconexión de dispositivos, como hemos dicho, sin la necesidad de que el usuario deba hacer nada, al menos una menor frecuencia de interacción. Además permitirá que un dispositivo funcione tanto como periférico y hub de datos a la par, se mejora el soporte para convivir con otros protocolos como LTE, intercambio de datos más eficientes, etc.

BLUETOOTH V4.2

De acuerdo con un comunicado de prensa oficial, la versión 4.2 de la especificación básica Bluetooth salió cerca del final de 2014. Director Ejecutivo del Bluetooth Special Interest Group (SIG) Mark Powell dice que la actualización 4.2 espera continuar haciendo Bluetooth Smart "de la mejor solución para conectar toda la tecnología en su vida. "Bluetooth Core Especificación 4.2 esperanzas para dar a los desarrolladores y fabricantes más oportunidades de usar Bluetooth y construir una mejor experiencia de usuario para sus consumidores.

2.8.4 MÓDULO BLUETOOTH SLAVE (HC-06)

2.8.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL:

El módulo Bluetooth HC-06 es un dispositivo económico y sencillo de utilizar. Se puede utilizar para dar conectividad inalámbrica a través de una interfaz serial TTL entre Microcontroladores (PIC, Arduino) y otros dispositivos como PC, laptops o celulares Smartphone.

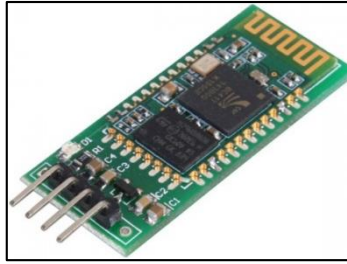


FIGURA. 2.18 MODULO BLUETOOTH

2.8.4.2 ESPECIFICACIONES:

- Protocolo: Bluetooth v2.0 + EDR
- Frecuencia: Banda ISM de 2,4 GHz
- Modulación: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- Potencia de emisión: 4 dBm, clase 2
- Sensibilidad: -84dBm a 0.1% BER
- Velocidad asíncrona: 2.1Mbps (máx.) / 160 kbps.
- Velocidad síncronos: 1Mbps/1Mbps
- Alcance 10 mts
- Seguridad: Autenticación y encriptación
- Interfaz: Bluetooth - Puerto serie UART TTL
- Suministro de energía: 5VDC 50 mA
- Temperatura de trabajo: $-20 \sim +75^{\circ}\text{C}$
- Dimensión: 26.9mm x 13mm x 2,2 mm

2.9. DESCRIPCIÓN DE M2M

Se trata de un concepto genérico que hace referencia a las tecnologías que permiten el intercambio (bidireccional) de información entre máquinas remotas, sin necesidad de intervención humana, utilizando para ello las comunicaciones inalámbricas o cableadas. Los dispositivos que mandan y reciben información pueden ser desde pequeños sensores, capaces de realizar medidas e informar de estas a otros sensores o a las estaciones que manejan los datos, hasta vehículos inteligentes capaces de tomar sus “propias” decisiones ¹⁶.

Además de las comunicaciones entre dispositivos, M2M engloba a los componentes hardware (como sensores que recogen información o módulos de comunicaciones integrados en dispositivos cotidianos), middleware (componentes software que actúan como intermediarios ante otros componentes software) y software que permiten desarrollar los servicios y aplicaciones M2M¹⁶.

El acrónimo M2M tiene múltiples acepciones como: Machine-to-Mobile, Mobile-to-Machine, Man-to-Machine, Machine-to-Man... A lo largo de este proyecto se hará alusión al significado Machine-to-Machine. En algunas ocasiones puede hacerse referencia a este tipo de comunicaciones con el acrónimo M2CN2M, que significa Machine-to- Communication Network-to-Machine ¹⁶.

Éste tipo de comunicaciones está basado en dos observaciones fundamentales: las máquinas conectadas entre sí son más valiosas que las que se encuentran incomunicadas; cuándo muchas máquinas se interconectan se pueden crear aplicaciones más autónomas e inteligentes. Según estos principios se puede apreciar que gracias a estas comunicaciones se potenciarán las capacidades de los dispositivos que ofrecerán nuevos servicios y mejorarán los ya existentes ¹⁶.

Como se apreciará en próximos apartados, existen sectores donde se están haciendo importantes avances para incluir M2M, intentando subsanar los problemas derivados de su aplicación y en otros se investiga cómo éstas pueden ser beneficiosas. A pesar de que necesidad de conectar las máquinas no sea algo nuevo, existente desde mediados del siglo pasado, no ha sido posible su utilización debido al limitado grado de desarrollo de muchas de las tecnologías que lo hacen posible. Así, la evolución que han sufrido las redes, los dispositivos y el software, junto con el abaratamiento del coste, permiten que aquellas soluciones que hace unos años eran inviables ahora sean una realidad ¹⁶.

2.9.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE M2M

Las características de M2M definen las necesidades y requisitos que tanto las redes, encargadas de interconectar los componentes, como de las aplicaciones deben cumplir:

- **Multitud.** El incremento en el número de dispositivos es la característica más importante. Acomodar muchos terminales supone un problema, las redes actuales tienen una limitada escalabilidad ya que no fueron diseñadas para este propósito. Además, impone gran presión y restricción a las redes que tienen que transportar el tráfico y para las aplicaciones, que tienen que procesar una gran carga de datos.
- **Variedad.** Existe una gran cantidad de posibles aplicaciones y con ello una gran cantidad de dispositivos diferentes que den soporte a los servicios, por lo tanto habrá una gran diversidad en cuanto a requisitos en las condiciones de intercambio de datos, el factor de forma, el procesamiento o las capacidades de la comunicación. De esta característica deriva uno de los mayores obstáculos de M2M, la heterogeneidad en sus componentes, que requiere de un alto grado de interoperabilidad y estandarización en las redes y sus aplicaciones.
- **Invisibilidad.** Los dispositivos deben de trabajar con una mínima o nula intervención humana, esta característica es importante en muchas de las aplicaciones M2M. Como resultado, el control de dispositivos se convierte en una parte clave de la gestión del servicio y la red, sin la cual la disponibilidad de ambas se puede ver comprometida.
- **Importancia.** Algunas aplicaciones tienen como fin la seguridad de los usuarios o de las infraestructuras y, por lo tanto, los elementos por los que están formados son críticos.
- **Intrusismo.** Muchos de los dispositivos están diseñados para manejar y gestionar datos de usuarios que, en ocasiones, pueden ser personales y delicados. De esta manera, entra en juego la privacidad, que se presenta como un obstáculo para el futuro de M2M.

2.9.2. CARACTERÍSTICAS DE DISPOSITIVOS M2M

Los dispositivos finales de las redes M2M no son aparatos nuevos, si no que mayoritariamente se tratan de dispositivos ya existentes que ha sido modificados para soportar las capacidades de M2M. Tales dispositivos se caracterizan por:

- **Funcionalidad limitada.** Hay muchos dispositivos que tienen baja capacidad de procesamiento, normalmente menor que un Smartphone.
- **Bajo consumo.** Algunos dispositivos están conectados a la red eléctrica sin embargo hay una gran cantidad que no lo está, normalmente porque se encuentran al aire libre y tienen pocas posibilidades de estar conectado a una fuente de alimentación estable.
- **Embebidos.** Muchos dispositivos son desplegados en sistemas con condiciones de operación específicas y por lo tanto es difícil hacer cambios en el sistema sin que esto tenga un importante impacto sobre el mismo.
- **Ciclo de vida.** Es importante garantizar el mayor tiempo de vida posible de los dispositivos desplegados en campo, en muchos casos varias decenas de años.

2.9.3. ARQUITECTURA DE RED M2M

Para definir la arquitectura de red se dispondrá de los elementos que la forman y los dominios de red que crean estos elementos. Además, existen etapas que describen las operaciones llevadas a cabo, siendo éstas iguales independientemente de la función que deba cubrir el sistema¹¹.

2.9.3.1. ELEMENTOS M2M

Basándose en los elementos que aparecen en las comunicaciones M2M, el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ha definido la arquitectura de éste tipo de redes, se encuentra representada en la Figura 1. Es una estructura compuesta de cinco partes ^{11,12}:

- **Dispositivos.** Se tratan de dispositivos inteligentes con capacidad de recoger, transmitir y recibir información. En la mayoría de los casos, se tratan de aparatos cotidianos que se les dota de inteligencia a través de módulos de control, que tienen como tarea principal el envío y recepción de los datos que generan las máquinas. Estos módulos son elementos hardware y software que pueden estar integrados en él.
- **Gateway.** Actúa como intermediario entre redes y proporciona conexión entre dispositivos de una misma red y de distintas redes. Además, este elemento gestiona el tráfico a través de la elección de las mejores rutas para transmitir la información.

- **M2M area network.** Esta red está formada por los dispositivos inteligentes y los Gateways. Se observan ejemplos de este tipo de redes en tecnologías como Zigbee, Bluetooth, WiFi
- **Redes de comunicaciones.** Logran la comunicación entre los Gateways y las aplicaciones finales. Tecnologías como GPRS, 3G, WiMAX, etc. son ejemplos de estas redes.
- **Aplicaciones.** Elemento de la arquitectura encargado del procesamiento y tratamiento de la información suministrada por los dispositivos que ofrecerá los servicios a los usuarios finales. Las aplicaciones serán albergadas en centros de control desde donde se gestionarán las máquinas.

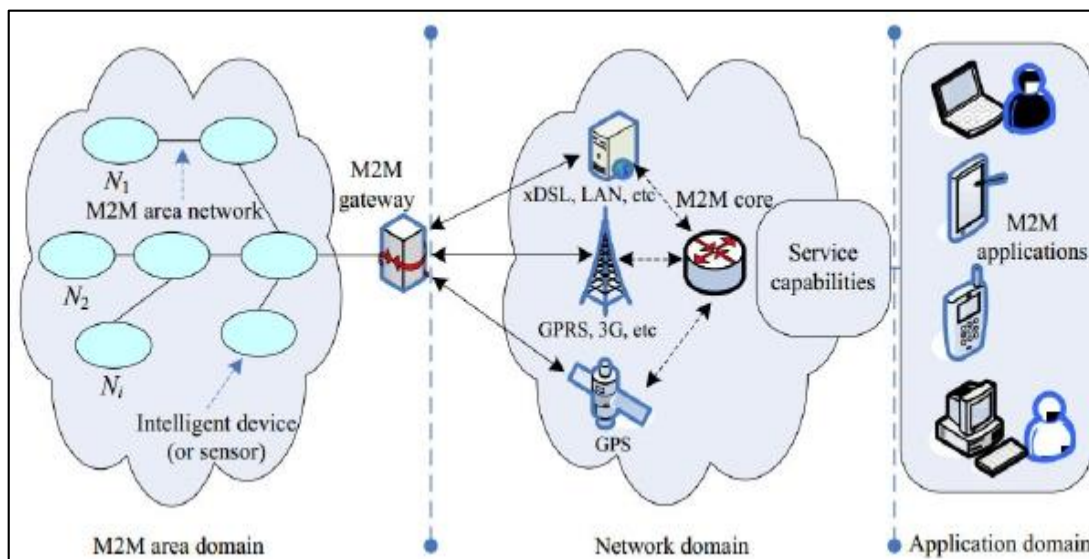


FIGURA 2.19. ARQUITECTURA M2M.

2.9.4. DOMINIOS DE M2M

Atendiendo a la arquitectura de cinco partes desarrollada por ETSI, representada en la Figura 1, se aprecian los siguientes dominios:

- **Dominio de área M2M.** Está formado por la M2M area network, los dispositivos inteligentes y el Gateway. Tanto el número variable de nodos (desde unos pocos dispositivos hasta vastas cantidades de éstos) como de Gateways dependen de la dimensión y complejidad de la aplicación a la que se pretende dar soporte.
- **Dominio de red.** Formado por los elementos de la red de comunicaciones que se utilizará para el envío de la información de manera fiable y, a ser posible, a un bajo coste. Las operaciones que se llevan a cabo en este dominio dependen estrechamente de la tecnología y red utilizadas.

- **Dominio de aplicación.** Es la parte donde se almacena la lógica del sistema, está formado por el centro de control, que tiene una gran importancia en el escenario M2M, y los usuarios que hacen uso de la aplicación.

2.9.5. ETAPAS DE TRABAJO M2M

Aunque normalmente cada aplicación M2M tendrá sus etapas de funcionamiento, existen cuatro etapas básicas que suelen ser comunes a distintas aplicaciones:

- **Etapas de recogida de datos.** Se lleva a cabo la recolección de información, que puede tener distintos orígenes dependiendo de la aplicación y servicio. Por ejemplo, puede recoger información del medio donde se encuentra, información del estado del propio dispositivo, información de las operaciones que lleva a cabo, etc.
- **Etapas de transmisión de datos a través de la red.** Atendiendo a la arquitectura de la red existen dos redes visiblemente diferenciadas y separadas por el Gateway, la etapa de transmisión de datos engloba el tráfico de las ambas. Desde que la información es transmitida por el dispositivo final hasta que es recibida por la aplicación; desde que la respuesta es emitida por la aplicación hasta que llega al dispositivo.
- **Etapas de valoración de los datos.** Los datos recibidos por el centro de control, son evaluados y almacenados.
- **Etapas de respuesta a la información disponible.** Se generan respuestas en consecuencia a los datos recibidos en el centro de control. Puede no existir respuesta a los datos recibidos en caso de no ser necesario o puede ser una respuesta dirigida a un elemento externo de la red M2M, en forma de alarma o de informes.

Cabe recordar que, en un extenso número de casos, las aplicaciones M2M permiten comunicaciones bidireccionales facilitando no solo la monitorización, si no el control remoto de dispositivos que permite realizar operaciones especiales.

2.9.6. M2M EN LA INDUSTRIA

La transcendencia que las comunicaciones entre máquinas pueden llegar a tener en el mundo real es muy extensa. Existen multitud de áreas donde éstas podrían aportar grandes beneficios, proporcionando nuevos servicios y mejorando la calidad de los servicios ya existentes.

Hoy en día, ya hay sectores donde se utiliza M2M, que facilita la gestión de multitud de dispositivos, agiliza operaciones y ahorra costes de operación y despliegue. Sin embargo, en la actualidad también hay sectores donde aún no es posible su implantación, principalmente debido a la rigidez de ciertos sistemas.

2.9.7. SECTORES Y APLICACIONES

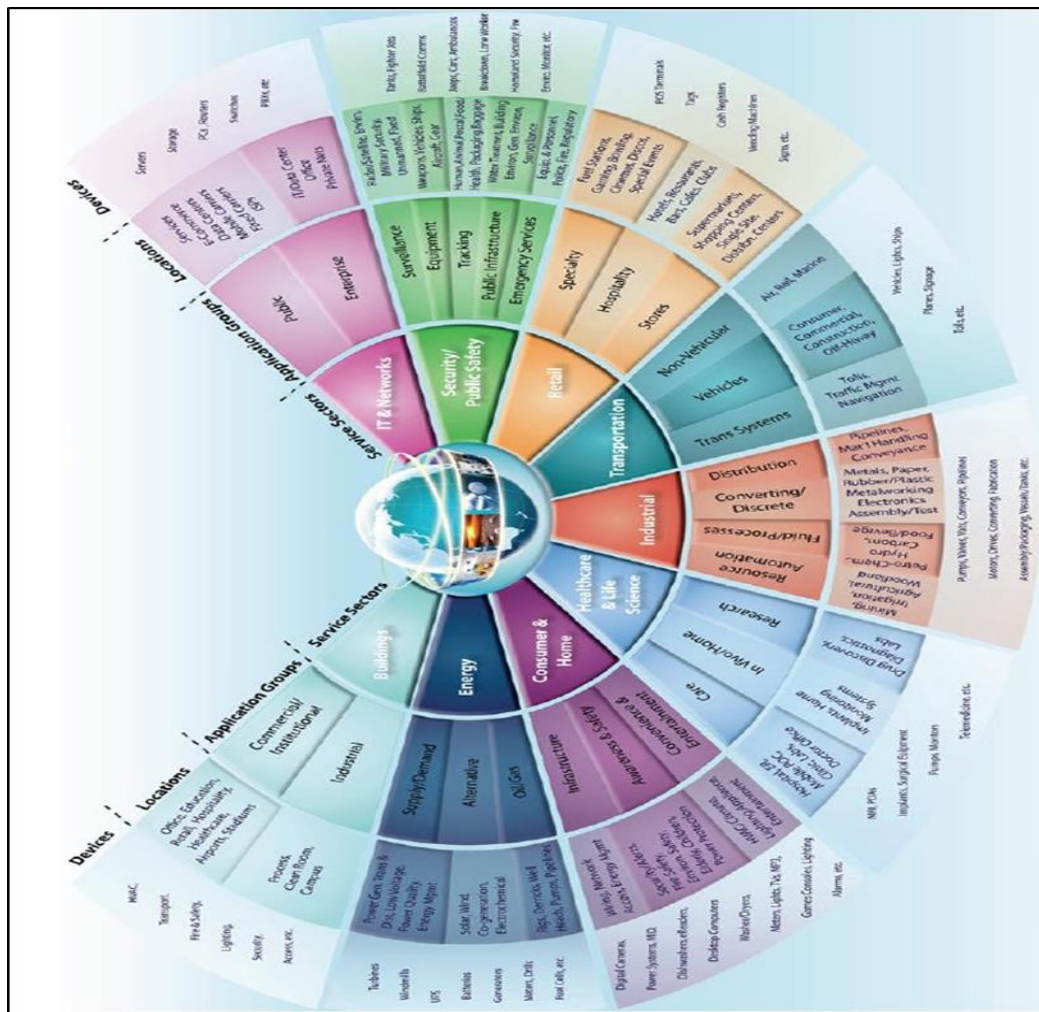


FIGURA 2.20. SECTORES DONDE SE APLICA M2M.

2.9.8. EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL DE M2M

2.9.8.1. ORIGEN

Las comunicaciones M2M surgen de la telemetría que es utilizada para la medida y transmisión de datos remotamente a través de cable, radio o cualquier otra. A simple vista se puede apreciar una gran e incluso absoluta similitud entre ambas, sin embargo existen diferencias fundamentales entre ellas tanto en aspectos tecnológicos como industriales.

Desde el punto de vista tecnológico, la principal diferencia se concentra en la transmisión de la información: mientras que en M2M las comunicaciones son a través de redes existentes como las celulares, redes de sensores inalámbricos e Internet, la telemetría utiliza sus propias señales radio aleatorias.²⁰ Además M2M genera mayores cantidades de información, con lo que se hace especial hincapié en la estructuración de la información de manera que sea legible y útil para sus usuarios. Por otro lado, observando los aspectos industriales existen notables diferencias sobre todo en el alcance de cada una de ellas. La telemetría se centra únicamente en la recogida de datos de máquinas remotas para tener constancia de lo que ocurre en el entorno, siendo su objetivo principal la monitorización. Sin embargo, M2M eleva esta monitorización a un grado superior, los datos recogidos del medio son utilizados, tratados y compartidos entre distintos servicios para mejorar la calidad de los productos que se ofertan, ofreciendo más comodidades al usuario y más facilidades a la empresa, y abriendo la puerta al desarrollo de nuevos ecosistemas donde los distintos actores interactúen para ofrecer nuevos servicios de valor añadido a los usuarios. M2M alcanza más sectores que la telemetría ya que es capaz de mejorar los servicios ya existentes.

2.9.8.2. ETAPAS DE MADUREZ DE LA INDUSTRIA

Principalmente el estado de despliegue se estima que tenga una duración de unos 20 años y se puede dividir en tres etapas ¹⁶:

- **Fase emergente de M2M;** centrada en el desarrollo de las redes celulares y sus aplicaciones se focalizan en la monitorización como el control de flotas, y en servicios Business-to-Business (B2B), diseñados para aportar información y servicios a las empresas. Además aparecerán nuevos modelos de negocio.
- **Fase de transición;** se desarrollará gran parte del mercado M2M, especialmente las aplicaciones Business-to-consumer (B2C), aquellas que prestan servicios e información a los clientes finales, y en las business-to-business-to-consumer

(B2B2C), aquellas que ofrecen servicios a empresas y éstas a usuarios. Además se experimentará un crecimiento en el entorno de redes inalámbricas no celulares y la aparición de soluciones horizontales entre diversos mercados.

- **Fase de progreso;** una vez se encuentre ampliamente desplegadas las comunicaciones M2M se observarán ingresos por parte de las empresas, provenientes de las aplicaciones B2C.

En la actualidad se ha experimentado un importante incremento del número de comunicaciones M2M, que se ve reflejado en el número de líneas telefónicas dedicadas a este fin. La Figura 3 muestra gráficamente el aumento de líneas dedicadas a M2M en España, existiendo actualmente ofertas de los operadores para estas comunicaciones.

Atendiendo a las tres etapas de madurez, el estado de desarrollo de M2M se encuentra entre la fase emergente y la fase de transición, existiendo algunos aspectos que es necesario alcanzar y mejorar para que continúe el despliegue de M2M.



FIGURA 2.21. EVOLUCIÓN DE COMUNICACIONES M2M

2.9.8.3. ASPECTOS A MEJORAR EN LA ACTUALIDAD

Existen ciertos aspectos que es necesario mejorar para permitir la evolución de M2M.

Los retos a solucionar son los siguientes:

- **Fragmentación de soluciones.** En la gran mayoría de los casos las soluciones M2M que se desarrollan para los sectores son verticales, aplicaciones específicas para cada sector, y por lo tanto existe una gran fragmentación. Esta “verticalización” de las aplicaciones provoca que las inversiones realizadas no puedan ser reutilizadas, lo que impacta de manera directa al caso de negocio de las comunicaciones M2M y limita de manera severa su universalización.

- **Falta de alineamiento en la red.** Las redes que en principio fueron creadas para ofrecer servicios de voz y datos en grandes cantidades para menos dispositivos están siendo utilizadas para comunicaciones M2M, que poseen características muy diferentes a éstas en algunos casos. Un ejemplo son las redes celulares, las cuales no fueron diseñadas para dar soporte a una cantidad tan grande de dispositivos que transmiten poca información eventualmente, además de que algunos de éstos no necesitan el servicio de roaming puesto que son equipos fijos.
- **Seguridad.** Como ya se habló en el Punto 2.1.1, algunas aplicaciones M2M son críticas para garantizar la seguridad de los usuarios. La seguridad, tanto física como lógica, así como la seguridad en la disponibilidad de las comunicaciones, es por lo tanto un aspecto crucial para el desarrollo de M2M.
- **Privacidad.** Las aplicaciones pueden tratar con datos personales de los usuarios, que no deben de ser vulnerados y debe garantizarse la integridad de los mismos. Capacidades de servicio. Es necesario definir las capacidades del servicio en los distintos sectores, ya que a pesar de existir ciertas similitudes habrá diferencias.
- **Pruebas y certificación.** Un gran número de soluciones M2M se desarrollarán fuera de los servicios tradicionales, siendo necesario realizar pruebas para asegurar la interoperabilidad con otros sistemas y servicios.

2.9.8.4. FACTORES PARA EL CRECIMIENTO DE M2M

Las principales vías para atajar los retos anunciados en el punto anterior son:

- **Marcos de trabajo de alto nivel.** La creación de un conjunto de arquitecturas, tecnologías y plataformas basadas en estándares que permitan desarrollar aplicaciones no enfocadas a un solo área o sector, si no que den soporte a varias aplicaciones al mismo tiempo. Esto supone un cambio en el modelo de negocio de M2M, dejando de lado aplicaciones verticales con un solo propósito y caminando hacia soluciones multipropósito para varias aplicaciones o servicios.
- **Incentivos por parte de los gobiernos,** éstos juegan un papel crucial para estimular el crecimiento de inversión en programas y proyectos que desarrollen las comunicaciones M2M, las pongan en práctica y las apliquen a diversos sectores.

- **Estandarización**, el gran número de empresas que comienzan a dar soluciones basadas en comunicaciones M2M hacen necesario que existan nuevos estándares para conseguir un sistema global que sea interoperable.

2.10. MICROCONTROLADORES.

2.10.1 INTRODUCCIÓN AL MUNDO DE LOS MICROCONTROLADORES

Los principiantes en electrónica creen que un microcontrolador es igual a un microprocesador. Esto no es cierto. Difieren uno del otro en muchos sentidos. La primera y la más importante diferencia es su funcionalidad. Para utilizar al microprocesador en una aplicación real, se debe de conectar con componentes tales como memoria o componentes buses de transmisión de datos. Aunque el microprocesador se considera una máquina de computación poderosa, no está preparado para la comunicación con los dispositivos periféricos que se le conectan. Para que el microprocesador se comunique con algún periférico, se deben utilizar los circuitos especiales. Así era en el principio y esta práctica sigue vigente en la actualidad.¹⁰

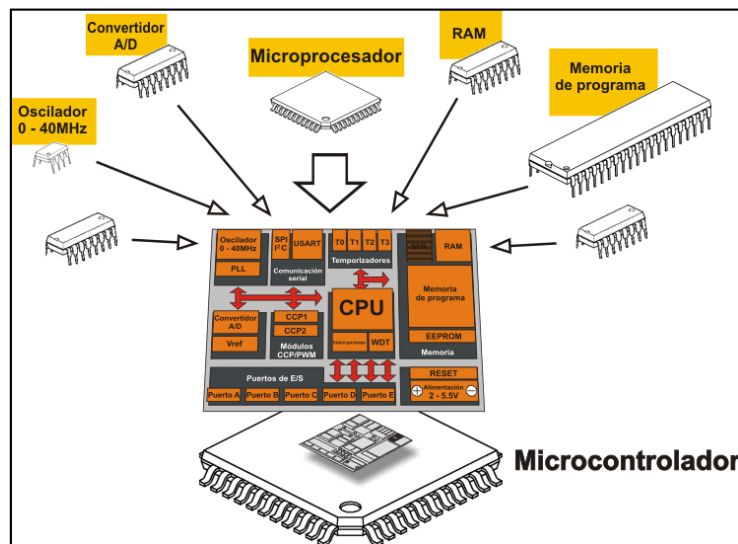


FIGURA 2.22. ESQUEMA DE UN MICROCONTROLADOR.

Por otro lado, al microcontrolador se le diseña de tal manera que tenga todas las componentes integradas en el mismo chip. No necesita de otros componentes especializados para su aplicación, porque todos los circuitos necesarios, que de otra manera correspondan a los periféricos, ya se encuentran incorporados. Así se ahorra tiempo y espacio necesario para construir un dispositivo.¹⁰

2.10.2 ¿QUE PUEDEN HACER LOS MICROCONTROLADORES?

Para entender con más facilidad las razones del éxito tan grande de los microcontroladores, vamos a prestar atención al siguiente ejemplo. Hace unos 10 años, diseñar un dispositivo electrónico de control de un ascensor de un edificio de varios pisos era muy difícil, incluso para un equipo de expertos. ¿Ha pensado alguna vez en qué requisitos debe cumplir un simple ascensor? ¿Cómo lidiar con la situación cuando dos o más personas llaman al ascensor al mismo tiempo? ¿Cuál llamada tiene la prioridad? ¿Cómo solucionar las cuestiones de seguridad, de pérdida de electricidad, de fallos, de uso indebido? Lo que sucede después de resolver estos problemas básicos es un proceso meticuloso de diseñar los dispositivos adecuados utilizando un gran número de los chips especializados. Este proceso puede tardar semanas o meses, dependiendo de la complejidad del dispositivo. Cuando haya terminado el proceso, llega la hora de diseñar una placa de circuito impreso y de montar el dispositivo. ¡Un dispositivo enorme! Es otro trabajo difícil y tardado. Por último, cuando todo está terminado y probado adecuadamente, pasamos al momento crucial y es cuando uno se concentra, respira profundamente y enciende la fuente de alimentación.

El dispositivo electrónico capaz de controlar un pequeño submarino, una grúa o un ascensor como el anteriormente mencionado, ahora está incorporado en un sólo chip. Los microcontroladores ofrecen una amplia gama de aplicaciones y sólo algunas se exploran normalmente. Le toca a usted decidir qué quiere que haga el microcontrolador y cargar un programa en él con las instrucciones apropiadas. Antes de encender el dispositivo es recomendable verificar su funcionamiento con ayuda de un simulador. Si todo funciona como es debido, incorpore el microcontrolador en el sistema. Si alguna vez necesita cambiar, mejorar o actualizar el programa, hágalo. ¿Hasta cuándo? Hasta quedar satisfecho. Eso puede realizarse sin ningún problema.¹⁰

2.10.3 MICROCONTROLADORES PIC

Los microcontroladores PIC desarrollados por Microchip Technology. El nombre verdadero de este microcontrolador es PICmicro (Peripheral Interface Controller), conocido bajo el nombre PIC. Su primer antecesor fue creado en 1975 por la compañía General Instruments. Este chip denominado PIC1650 fue diseñado para propósitos completamente diferentes. Diez años más tarde, al añadir una memoria

EEPROM, este circuito se convirtió en un verdadero microcontrolador PIC. Hace unos pocos años la compañía Microchip Technology fabricó la 5 billonésima muestra.¹⁰

2.10.4 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ATMEL

La familia de Microcontroladores AVR, pertenecen a ATMEL, los cuales poseen una arquitectura moderna. Estos Microcontroladores están divididos en tres grupos: TinyAVR, AVR Clasico y MegaAVR.

El μ C tinyAVR son dispositivos con pines reducidos y menos características que los megaAVR. Todos los dispositivos AVR tienen el mismo set de instrucciones y organización de la memoria, así el migrar de un dispositivo AVR a otro es fácil. El núcleo es el mismo para todos los dispositivos AVR. La diferencia entre estos grupos es la complejidad del dispositivo. Así, el que posee más características es el megaAVR y que tiene menos es el tinyAVR.¹⁰

2.10.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES ATmega32.

Al ATmega32 es un microcontrolador CMOS de 8 bits a baja potencia basado en arquitectura RISC de AVR. Ejecutando las instrucciones en un solo ciclo de reloj, el ATmega32 alcanza un desempeño de 1 MIPS por MHz permitiendo al diseñador optimizar consumos de potencia contra la velocidad de procesamiento.¹⁰

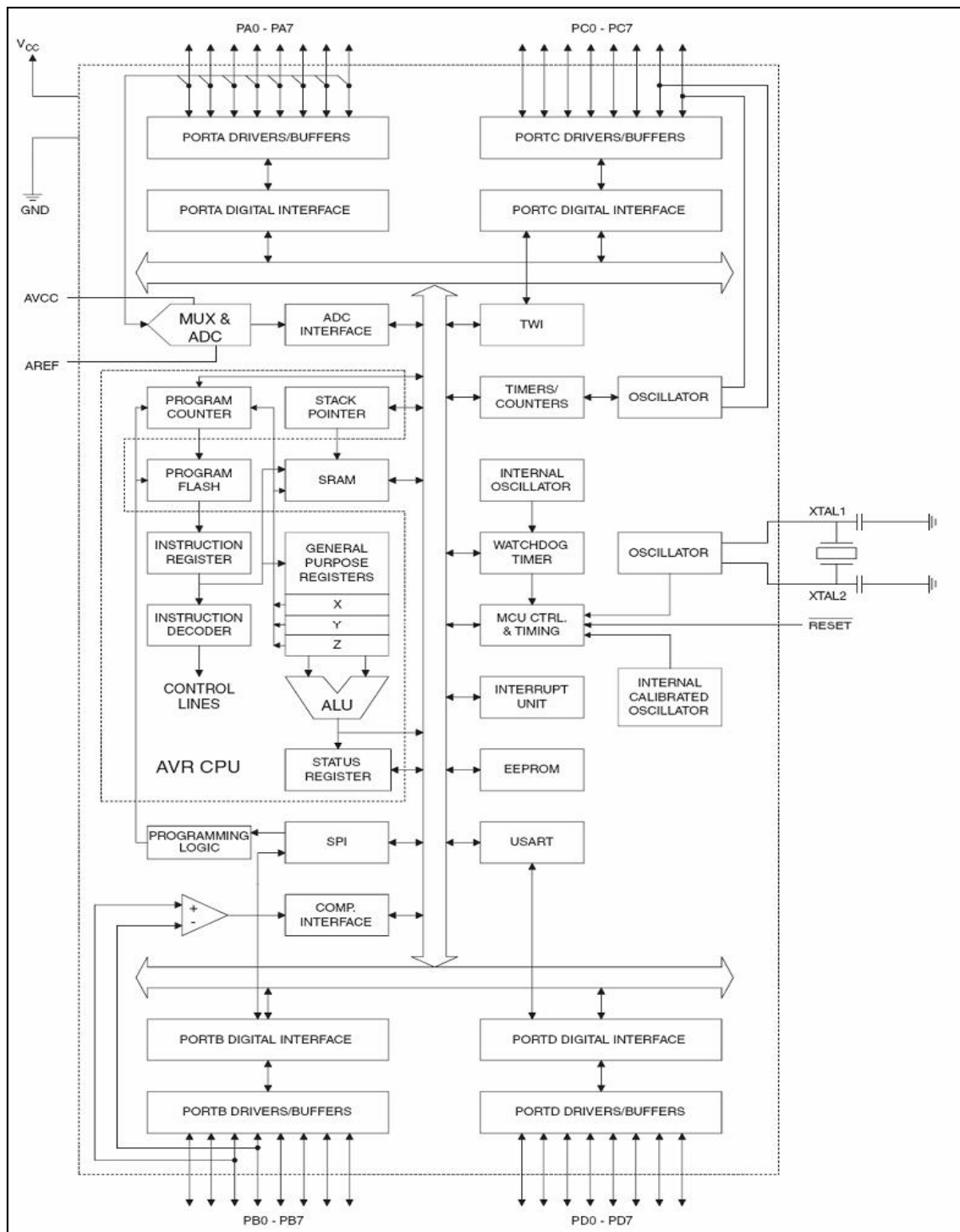


FIGURA 2.23. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ATMEGA32.

El núcleo AVR posee un conjunto de instrucciones con 32 registros de trabajo de propósito general. Los 32 registros se conectan directamente a la Unidad Aritmética y Lógica (ALU), permitiendo a dos registros solamente acceder en una sola instrucción y sean ejecutadas en sólo un ciclo de reloj. Alcanzando un desempeño de 10 veces más rápido que los microcontroladores con tecnología CISC.

El ATmega32 tiene las características: 32K bytes de memoria Flash programable dentro del sistema, 1024 bytes de EEPROM, 2K bytes de SRAM, 32 líneas de I/O de propósito general, 32 registros de propósito general, Interfase JTAG, 3 Timers/Contadores con modos de comparación, interrupciones internas y externas, un USART programable, una interfase serial orientada a byte de dos líneas, 8 canales de convertidor Analógico Digital de 10 bits, con opción a ser diferenciales, un timer perro guardian (watchdog) con oscilador interno, un puerto serial SPI, y 6 modos de ahorrar potencia.

El modo de ahorrar potencia salva el contenido de los registros pero congela al oscilador, deshabilitando todas las funciones de CI hasta la próxima interrupción o reinicio del Hardware. En el modo de ahorrar potencia, el timer asíncrono continua corriendo, permitiendo al usuario mantener un tiempo base mientras el resto del dispositivo esta “durmiendo”. Esto permite un ahorro de potencia. El ATmega32 AVR soporta: compiladores en C, macro ensambladores, simuladores en debugger, emuladores dentro del circuito y los kits de evaluación.¹⁰

CAPITULO III

DISEÑO DE APLICACIÓN DE DOMOTICA CON TECNOLOGIA INDOOR PLC Y BLUETOOTH

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DEL SISTEMA PROPUESTO

El diagrama de bloques del sistema que se desea es el que se muestra en la Figura 3.1

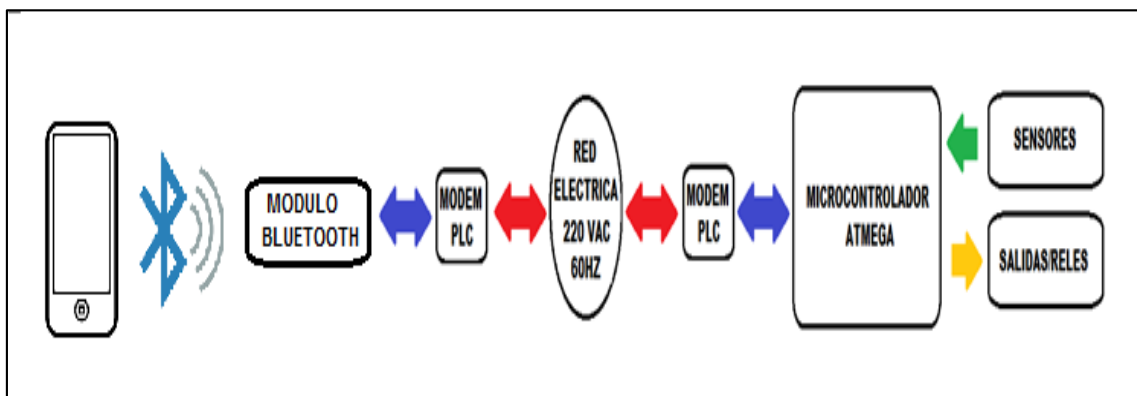


FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE DOMOTICA CON TECNOLOGIA INDOOR PLC Y BLUETOOTH [PROPIO]

El diagrama de bloques muestra los MODEM PLC que son los encargados de transmitir y recibir señales enviadas por el celular o computadora con comunicación bluetooth y el microcontrolador a través de la red eléctrica de 220VAC 60 HZ..

La interface de comunicación entre el modem PLC y el celular o computadora es el Modulo Bluetooth-RS232, la señales que se envían a través de este módulo serían los comandos enviados hacia el microcontrolador para activar o desactivar relés y también se recibe el valor de los diferentes sensores los cuales serían enviados por el microcontrolador hacia el celular o computadora mediante el módulo bluetooth. La tarjeta electrónica es diseñada basada en el microcontrolador ATMEGA32 y simulada usando el software PROTEUS 8.0

3.2 DISEÑO DE LA TARJETA ELECTRÓNICA PARA SISTEMA PROPUESTO

En la Figura 3.2 se muestra la tarjeta que se encargará del control y supervisión (DOMOTICA) de la casa la cual contara con sensor de temperatura, sensores digitales para puertas, ventanas, sensores analogicos para detectar Humo, monoxido y Dioxido de carbono, sensor de falta de energía, lectura de la ubicación y hora GMT del GPS, accionamiento de diferentes luminarias externa o internas ya que cuenta con reles, asi como un transmisor IR para la activación de electrodomesticos como televisores y equipos de sonido, la tarjeta esta conectada con el modem PLC para recepci3n de comandos.

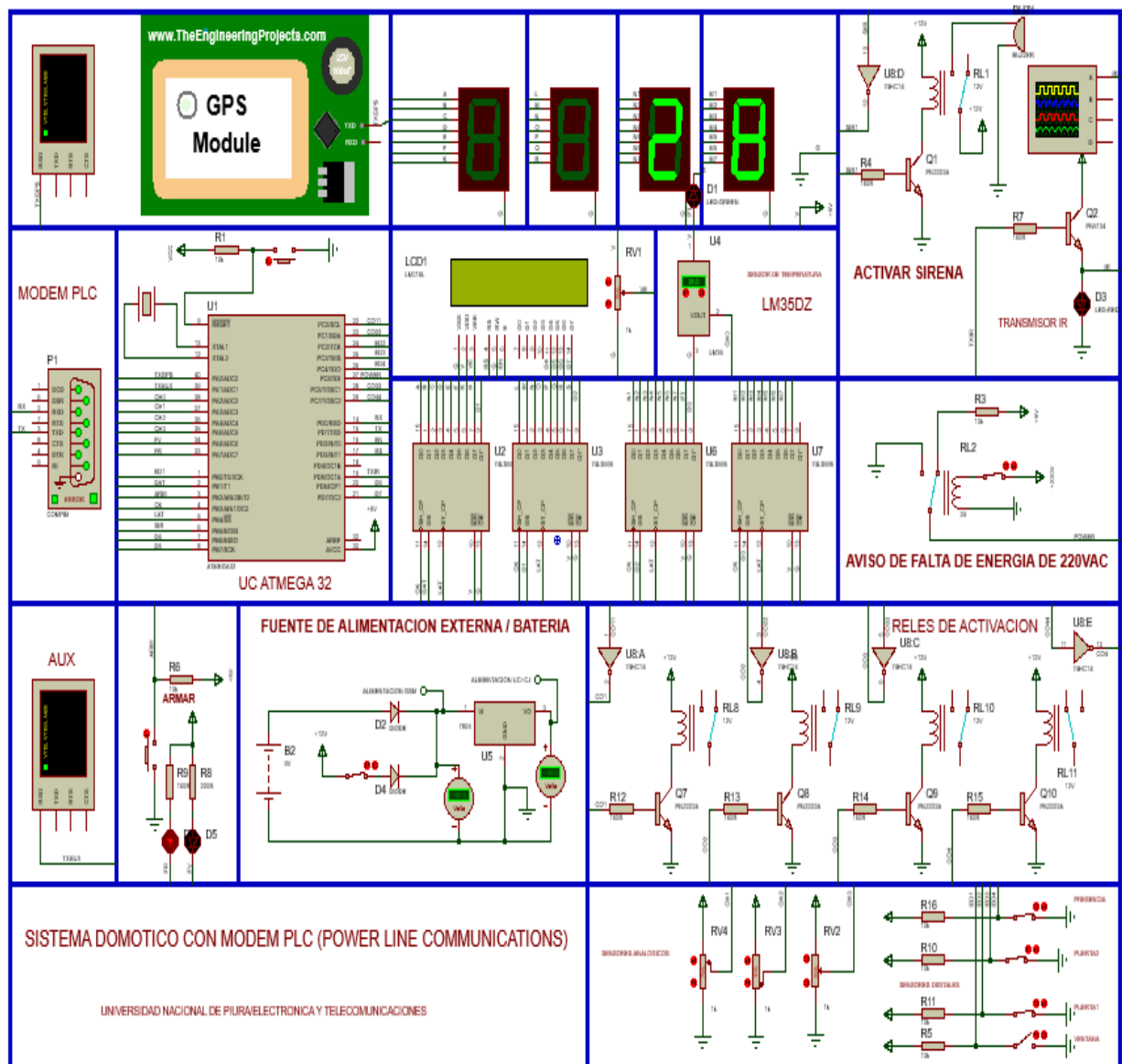


FIGURA 3.2 TARJETA QUE SE ENCARGARA DE LA AUTOMATIZACION DE UNA CASA U OFICINA USANDO TECNOLOGIA INDOOR PLC. [PROPIO]

Se procede a describir los componentes importantes de la tarjeta electrónica propuesta.

3.3.2 CIRCUITO PARA ON/OFF DE 4 RELÉS

En la Figura 3.4 se muestra el circuito para controlar 4 relés para activación o desactivación de luminarias u otros equipos electrodomésticos según necesidad de la casa u oficina a automatizar. Estos relés se pueden controlar su encendido y apagado mediante la Hora la cual la entrega el GPS.

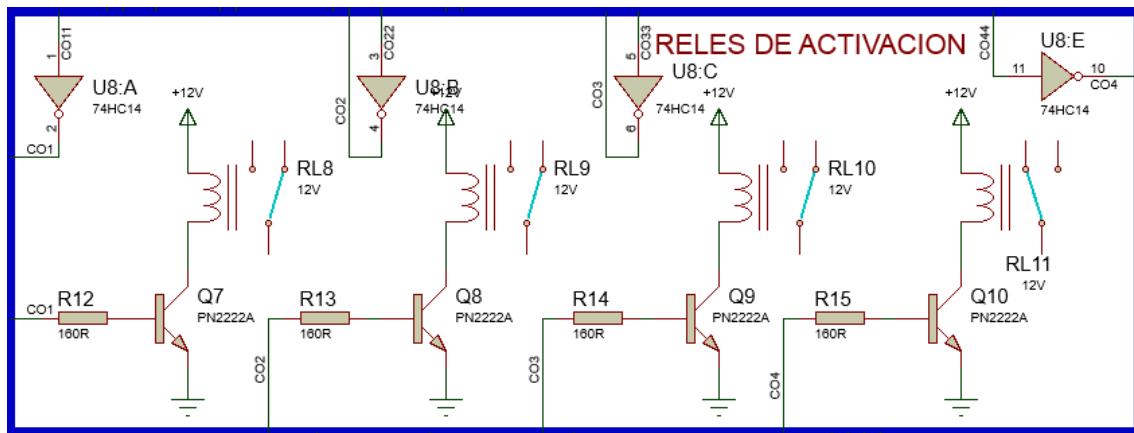


FIGURA 3.4. CIRCUITO ON/OFF CON RELÉS. [PROPIO]

3.3.3. VERIFICACIÓN DE ENERGÍA DE 220VAC EN CASA U OFICINA

Se utiliza 1 relé de 11 pines como el que se muestra en la Figura 3.5



FIGURA 3.5. RELÉ DE 11 PINES. [PROPIO]

El circuito de conexión por relé es el que se muestra en la Figura 3.6., 3.7

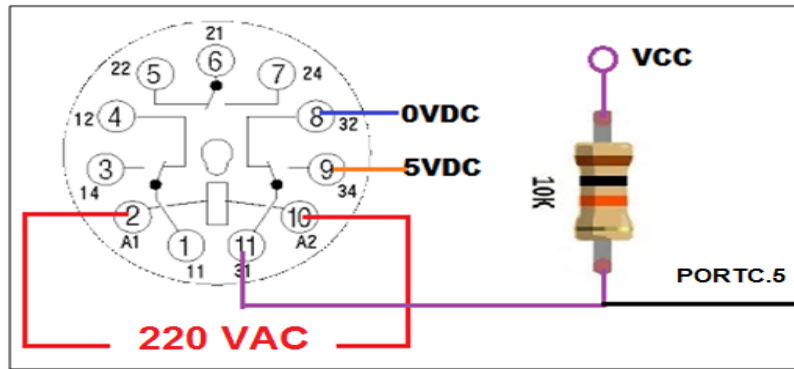


FIGURA 3.6. CIRCUITO DE CONEXIÓN POR RELÉ DE 11 PINES. [PROPIO]

El circuito de conexión del relé es el que se muestra en la Figura 3.7.

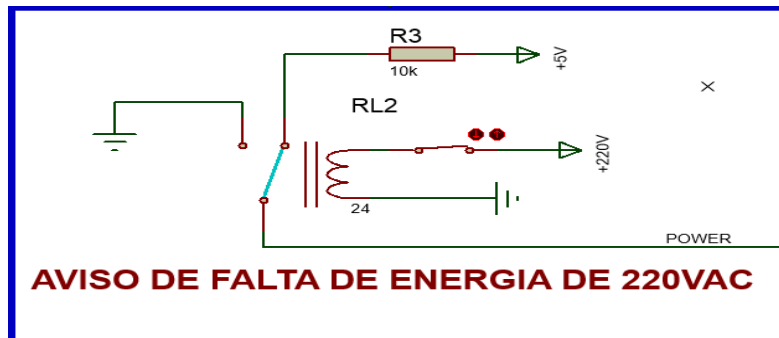


FIGURA 3.7 CONEXIÓN DEL RELÉ PARA MONITOREO DE FALTA DE ENERGÍA.
[PROPIO]

3.3.4. VISUALIZACIÓN LOCAL PARA RECEPCIÓN DE COMANDOS

Para la visualización de los comandos recibidos se utiliza un LCD de 16x2 conectado al PORTD del microcontrolador como se muestra en la Figura 5.10. En este LCD se visualizara los comandos recibidos y ocasionalmente si fuera necesario los estados de los diferentes sensores u otros datos de importancia.

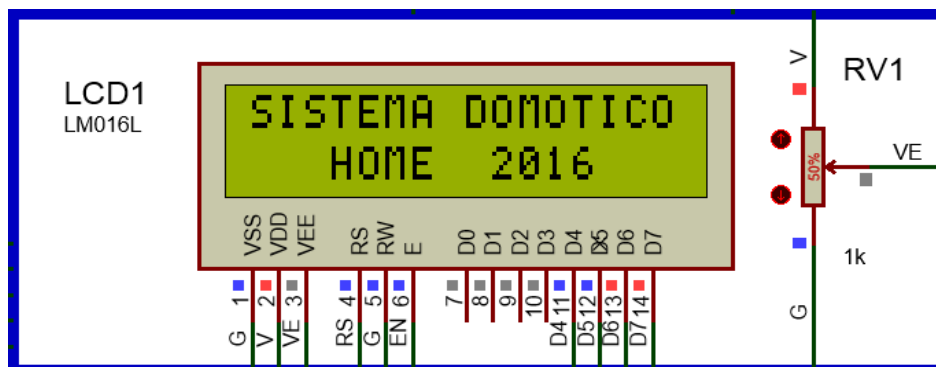


FIGURA 3.8 VISUALIZACIÓN DE ESTADO DE CONTENEDORES. [PROPIO]

3.3.5. CIRCUITO DE CONEXIÓN DEL GPS

En la Figura 3.9 se muestra como se conecta el GPS con el microcontrolador, solo se utiliza el pin de transmisión del GPS

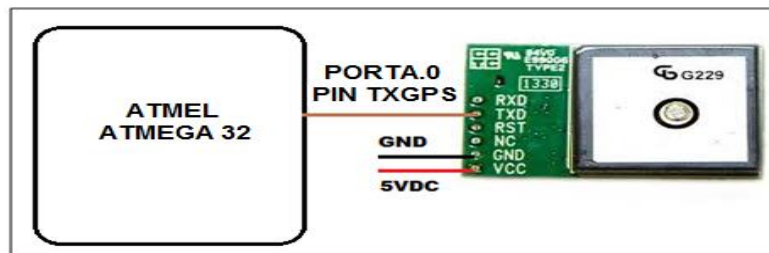


FIGURA 3.9. CONEXIÓN DEL GPS CON MICROCONTROLADOR. [PROPIO]

El GPS transmite una trama de datos como el que se muestra en la Figura 3.10 y 3.11, para el proyecto solo nos interesa el tiempo o UTC TIME y la ubicación latitud y longitud del comando GGA o GPRMC. En la Figura 3.10 se muestra la conexión en PROTEUS del GPS y se visualiza los datos simulados que envía el GPS virtual.

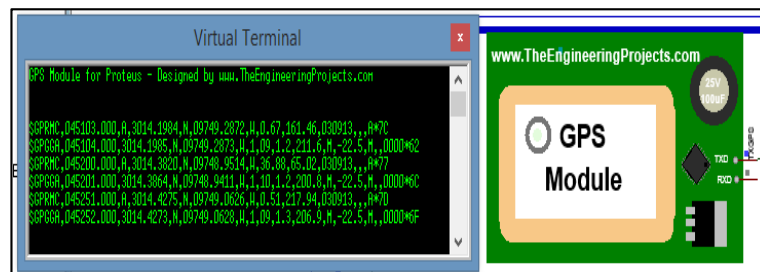


FIGURA 3.10 GPS VIRTUAL PARA PROTEUS. [PROPIO]

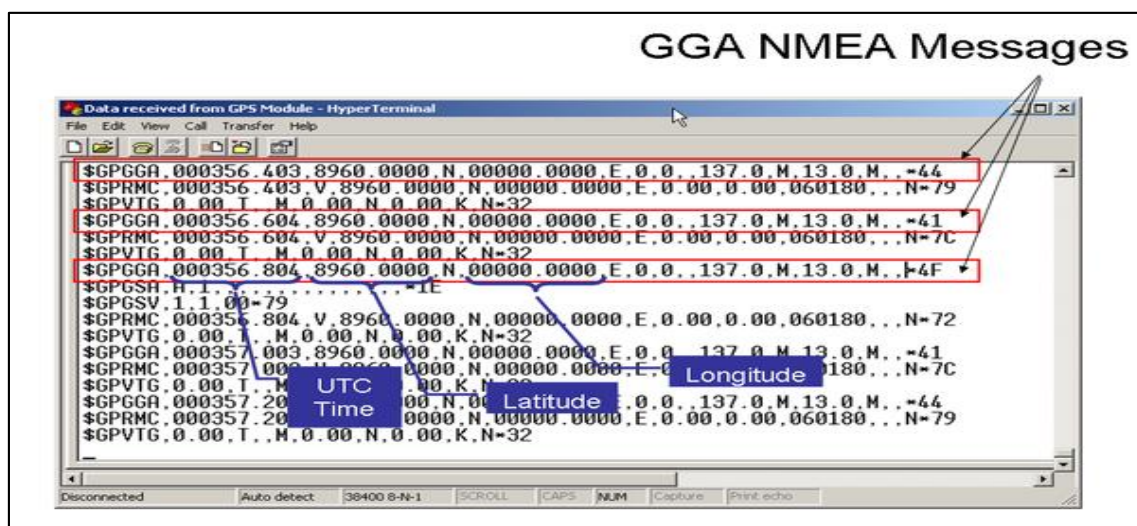


FIGURA 3.11. TRAMA DE DATOS TRANSMITIDO POR EL GPS. [PROPIO]

3.3.6. CIRCUITO DE CONEXIÓN CON EL SENSOR DE TEMPERATURA LM35DZ

En las Figuras 3.12 se muestra como se conecta el sensor LM35DZ con el microcontrolador.

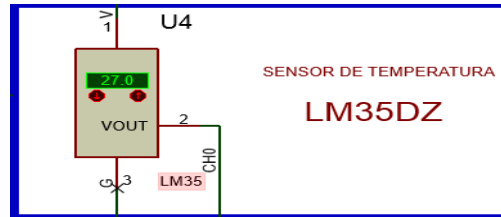


FIGURA 3.12. CONEXIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35DZ. [PROPIO]

3.3.7. CIRCUITO DE CONEXIÓN DE OTROS SENSORES ANALÓGICOS Y DIGITALES

En la Figura 3.13 se muestra la conexión simulada de otros 3 sensores analógicos y 4 sensores ON/OFF digitales.

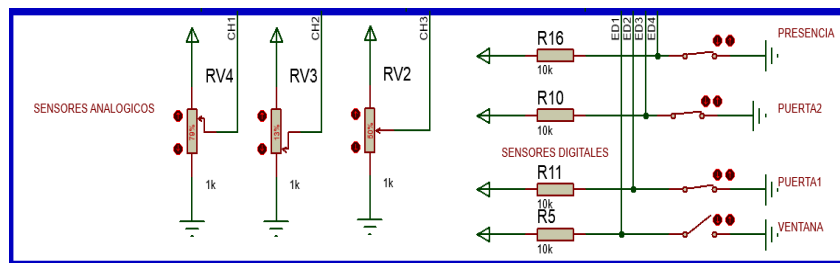


FIGURA 3.13. OTROS SENSORES ANALÓGICOS Y DIGITALES. [PROPIO]

3.3.8. ACTIVACIÓN DE ALARMAS

Para la activación de alarma/sirena se utiliza el relé conectado como se muestra en la Figura 3.14

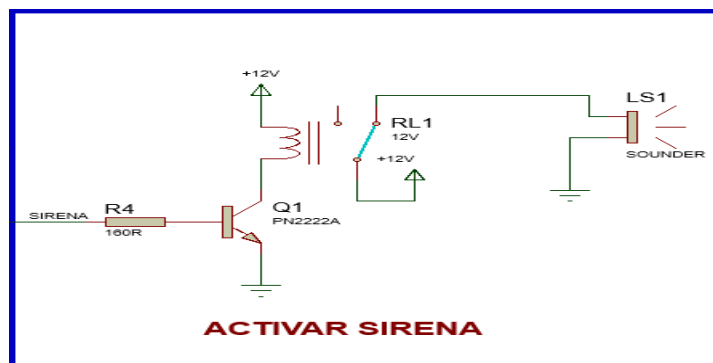


FIGURA 3.14 CIRCUITO DE ACTIVACIÓN DE ALARMA/SIRENA. [PROPIO]

3.3.9. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación además de contar con una fuente de 12VDC también cuenta con una batería externa para fallos de energía eléctrica. (Figura 3.15).

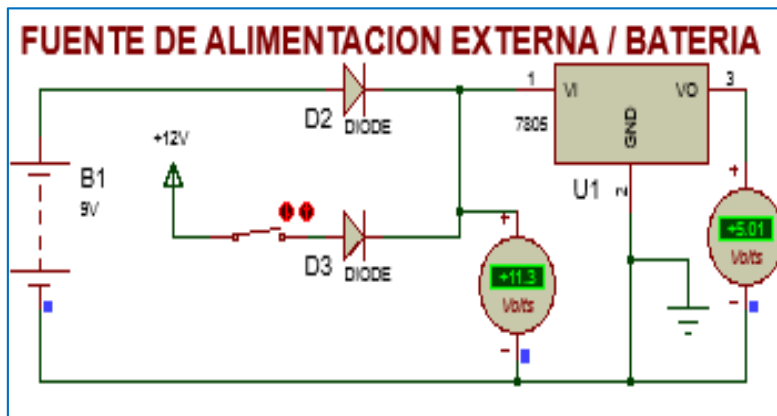


FIGURA 3.15 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DEL SISTEMA. [PROPIO]

3.3.10. VISUALIZACION EN DISPLAY DE CATODO COMUN (4DIG)

Para la Visualización de la temperatura se utiliza el circuito de la figura 3.16. , para la cual se utilizó 4 registros 74HC595

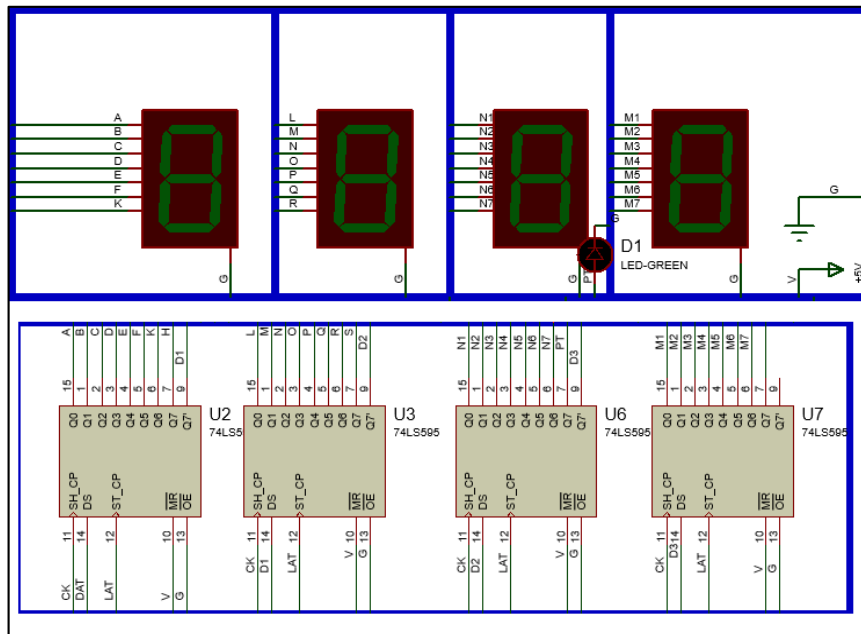


FIGURA 3.16 CIRCUITO PARA VISUALIZACIÓN EN DISPLAY DE CÁTODO COMÚN (4DIG). [PROPIO]

3.3.11. CIRCUITO TRANSMISOR IR

En la Figura 3.17 se muestra el circuito transmisor IR para el control remoto de artefactos eléctricos como televisores y equipos de sonido para nuestro caso se ha utilizado el protocolo para SONY..

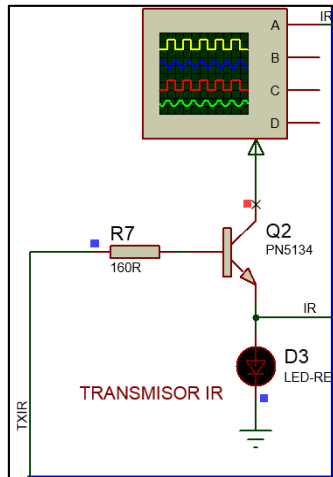


FIGURA 3.17. CIRCUITO TRANSMISOR IR. [PROPIO]

3.3.12. COMUNICACIÓN CON EL MODEM PLC

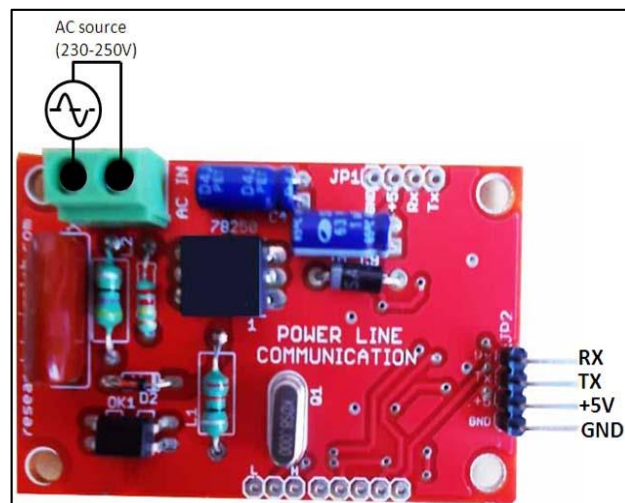


FIGURA 3.18 MODEM PLC. [PROPIO]

3.3.12.1. CARACTERÍSTICAS DEL MODEM PLC

- Alimentación del módulo: 5-12Vdc
- El módulo de alimentación de salida: 5VDC 50mA
- La velocidad de comunicación: 1200 2400 4800 9600 (por defecto 9600) comprobación de paridad, sin paridad opcional

- Tipo de interfaz: interfaz serial nivel TTL RXD , TXD
- Ambiente de trabajo: $ac \leq 305v$, $dc \leq 700v$.
- Comunicación distancia: 1500 m (distancia de comunicación como el entorno de aplicación específica)
- Cada longitud de trama: sin límite
- Power Line Carrier frecuencia: 72 kHz
- Modo de modulación y demodulación: FSK
- Enviar mode: modo de transmisión normal/modo de transmisión cero
- Temperatura de trabajo: $-40^{\circ}C$ a $85^{\circ}C$
- Dimensiones: 4.8x3.0 cm x 1.5 cm (l x W x h)

3.3.12.2. CONEXIÓN DEL MODEM PLC CON EL MICROCONTROLADOR ATMEGA32

El modem PLC se conecta con el microcontrolador ATMEGA 32 mediante sus USART usando pines de transmisión y recepción a una velocidad de comunicación por defecto de 9600. En la Figura 5.21 se muestra la conexión del Modem PLC

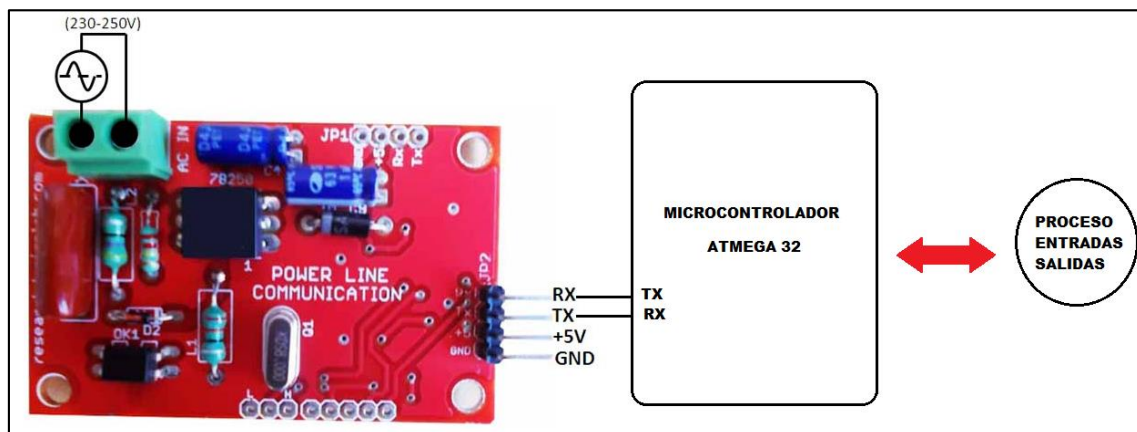
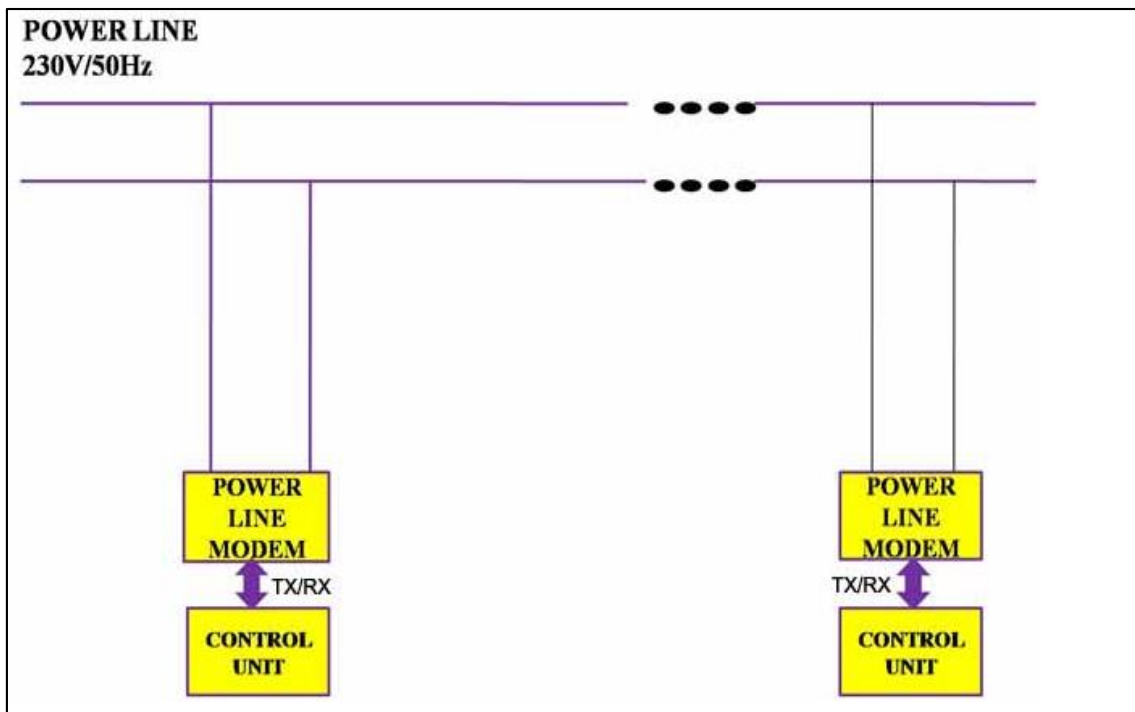


FIGURA 3.19. CONEXIÓN DEL MODEM PLC CON EL MICROCONTROLADOR ATMEGA32. [PROPIO]

En la Figura 3.20 se muestra como se conectan varios MODEM PLC a la Línea AC



*FIGURA 3.20. CONEXIÓN DE VARIOS MODEM PLC EN LA LÍNEA DE AC.
[PROPIO]*

3.3.12.3. CONEXIÓN DEL MODEM PLC CON EL MODULO BLUETOOTH

En la siguiente figura como se conecta el Modulo Bluetooth con el PLC.

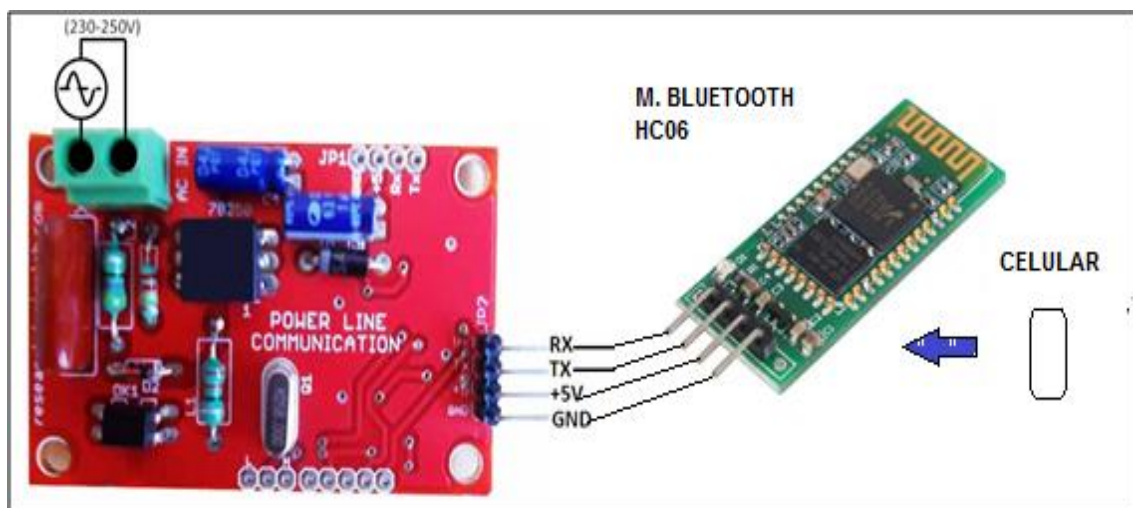
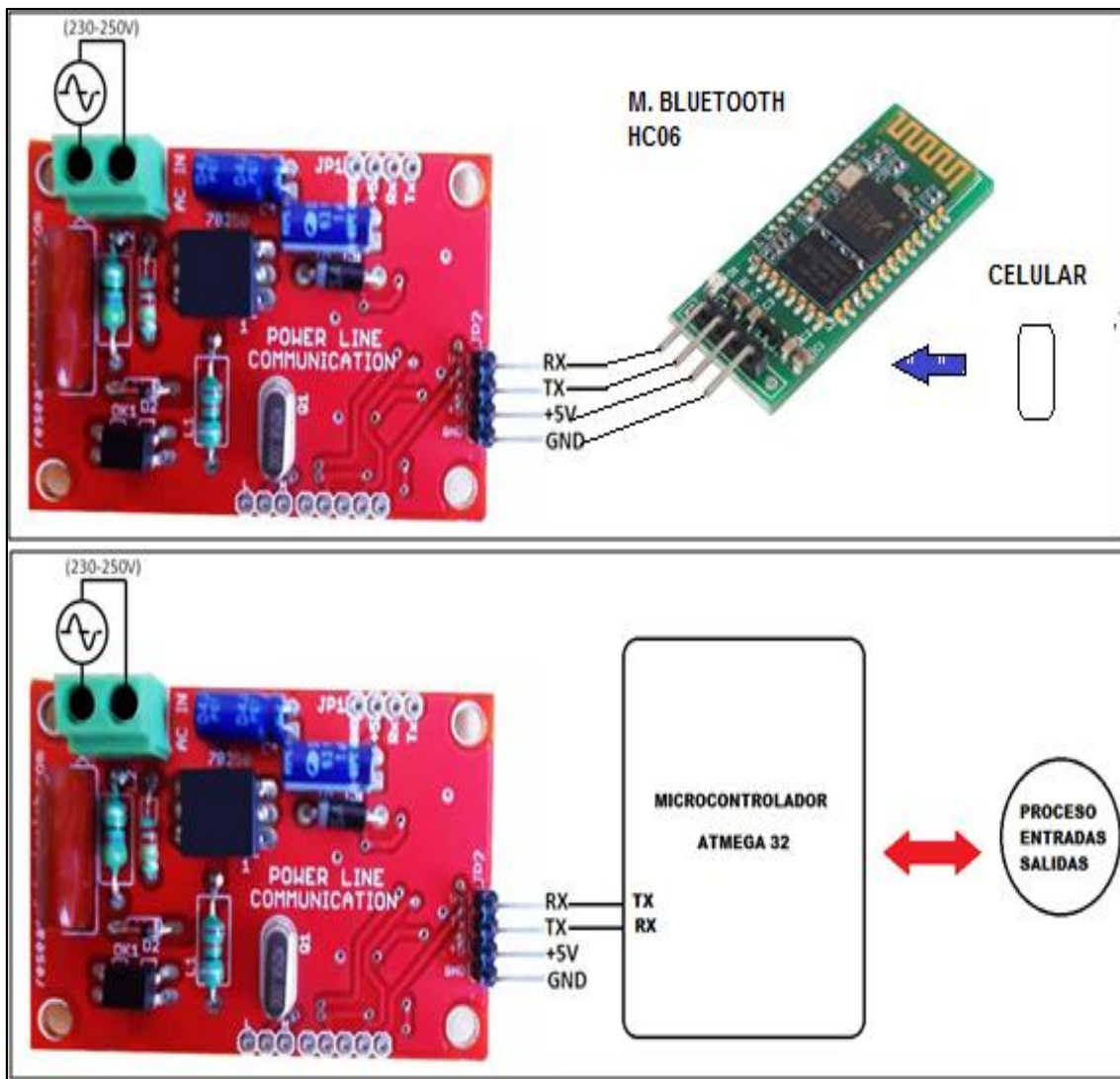


FIGURA 3.21. CONEXIÓN DEL MODULO BLUETOOTH CON PLC. [PROPIO]

El esquema completo de conexión es el que se muestra en la Figura 3.22.



*FIGURA 3.22 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA PLC – BLUETOOTH.
[PROPIO]*

3.3.13. COMANDOS DE COMUNICACIÓN

Los comandos para el sistema que se propone son:

TABLA 3.1 TABLA DE COMANDOS

	COMANDO	EJEMPLO	DESCRIPCION
1	XCMDs:1	XCMDs:1	Encender contenedor (Comando DTMF, SMS, GPRS)
2	XCMDs:4	XCMDs:4	Apagar contenedor (Comando DTMF, SMS, GPRS)
3	XCMDs:2	XCMDs:2	Encender sirena (Comando DTMF, SMS, GPRS)
4	XCMDs:5	XCMDs:5	Apagar sirena (Comando DTMF, SMS, GPRS)
5	XCMDs:3	XCMDs:3	Envia Ubicación coordenadas (latitud y longitud) del contenedor (Comando DTMF, SMS, GPRS)
6	XCMDs:6	XCMDs:6	Envia Estado de sensores en el contenedor (Comando DTMF, SMS, GPRS)
7	XCMDs:7	XCMDs:7	Envia numeros de Celulares programados (Comando DTMF, SMS, GPRS)
8	XCMDs:T1XXXXXXXXXX	XCMDs:T1951551591	Programa numero de celular 1 para recepcion de estado y alertas (Comando SMS, GPRS)
9	XCMDs:T2XXXXXXXXXX	XCMDs:T2998822138	Programa numero de celular 2 para recepcion de estado y alertas (Comando SMS, GPRS)
10	XCMDs:T3XXXXXXXXXX	XCMDs:T3961234567	Programa numero de celular 3 para recepcion de estado y alertas (Comando SMS, GPRS)
11	XCMDs:T4XXXXXXXXXX	XCMDs:T4991234566	Programa numero de celular 4 para recepcion de estado y alertas (Comando SMS, GPRS)
12	XCMDs:A	XCMDs:A	Armar alarma y enviar un SMS de Alerta (Comando SMS, GPRS)
13	XCMDs:B	XCMDs:B	Armar alarma y enviar SMS de alerta cada cierto tiempo (Comando SMS, GPRS)
14	XCMDs:E	XCMDs:E	Armar alarma y enviar un SMS de Alerta (Comando SMS, GPRS)
15	XCMDs:N	XCMDs:N	Armar alarma y enviar un SMS de Alerta (Comando SMS, GPRS)
16	XCMDs:J	XCMDs:J	Modo automatico para apagado y encendido de contenedor (Comando SMS, GPRS)
17	XCMDs:K	XCMDs:K	Modo manual para apagado y encendido de contenedor (Comando SMS, GPRS)
18	XCMDs:ZHMMhmmm	XCMDs:Z20302145	Programar apagado y encendido de contenedor para el ejemplo se apaga a las 20 horas con 30 minutos y se enciende alas 21 horas con 45 minutos (Comando SMS, GPRS)
19	XCMDs:SYNNN	XCMDs:S1025 , XCMDs:S2030	Setear temperatura de alarma, para el ejemplo indica temperatura negativa de 25°C y el otro ejemplo es para 30 (Comando SMS, GPRS)son 4 canales Y:1,2,3,4
20	XCMDs: XY	XCMDs:X1	SUBIR VOLUMEN EN TV SONY
21		XCMDsX2	BAJAR VOLUMEN EN TV SONY
22		XCMDs:X3	CAMBIAR DE CANAL HACIA ARRIBA
23		XCMDs:X4	CAMBIAR DE CANAL HACIA ABAJO

3.3.14. DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO DE PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

En esta parte del capítulo se procederá a describir brevemente las diferentes partes del código del programa del microcontrolador. Este código ha sido desarrollado en BASCOM AVR.

En la Figura 3.23 se muestran las definiciones necesarias para utilizar el LCD de 16X2 y configurar los puertos de comunicación serial, entre otras variables que se utilizarán en el programa como las variables del GPS.

```
*****
$regfile = "m32def.dat"
$framesize = 90
$swstack = 10
$hwstack = 32
$crystal = 8000000
$baud = 9600
Dim Mybaud As Long
Mybaud = 9600
*****
DDRA.0 = 0
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdpin = Pin , Db4 = PORTB.6 , Db5 = PORTB.7 , Db6 = PORTD.6 , Db7 = PORTD.7 , E = PORTD.2 ,
Enable Interrupts
Config Serialin = Buffered , Size = 80 , Bytematch = 42 'asoci de la letra * es el 42
Open "com1:0:9600,8,n,1" For Input As #2
Open "com1:1:9600,8,n,1" For Output As #3
Config ADC = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
*****
'VARIABLES GENERALES
Dim Num(9) As Byte , Num1(9) As Byte , Num2(9) As Byte , Num3(9) As Byte , Num4(9) As Byte , Num
Dim Comandol As String * 45 , Letra2 As String * 1 , Letra3 As String * 1 , Temp1 As String * 1
Dim Temp2 As String * 12 , Temp3 As String * 12 , Temp4 As String * 12 , Temp5 As String * 12 ,
Dim X As Byte , Armar As Byte , Nmag As Byte , Auto As Byte , Tp As Byte , Energia As Bit , Nm
Dim Foco As Bit , Tc As Byte , Cmdtv As Word , Puerta1 As Bit , Puerta2 As Bit , Ventana As Bit
Fv = 0 : Tc = 0
*****
'VARIABLES PARA GPS
Dim Latitud As String * 15 , Longitud As String * 15 , Hora As String * 12 , S As String * 7
Dim Ho As Byte , Hor As Byte , Horal As Byte , M As Byte , Seg As Byte , Hp1 As Byte , Mp1 As B
Dim Lat1 As Integer , Lat2 As Single , Long1 As Integer , Long2 As Single , Latitudt As Single
Dim Minutos As String * 2 , Segundos As String * 2 , Hp11 As String * 2 , Mp11 As String * 2 , H
*****
'VARIABLES PARA REGISTROS
Dim Valor As Byte , Y As Byte , I As Byte , N As Byte , U As Byte , D As Byte , B As Byte
Dim K As String * 15 , Numero As String * 1
DDRB.1 = 1 : DDRB.3 = 1 : DDRB.4 = 1 : DDRB.2 = 0 : PORTB.1 = 0 : PORTB.3 = 0 : PORTB.4 = 0
Dat Alias PORTB.1 : Ck Alias PORTB.3
DDRB.0 = 0 : DDRC.2 = 0 : DDRC.3 = 0 : DDRC.4 = 0
*****
```

FIGURA 3.23. CONFIGURACIÓN DE LCD Y PUERTOS DE COMUNICACIÓN SERIAL Y OTRAS VARIABLES. [PROPIO]

En la Figura 3.24 se configuran las diferentes variables del programa como las variables para sensores analógicos y digitales, entre otras.

```
*****
'VALORES PARA LOS NUMEROS DE 0 A 9 PARA DISPLAY DE CATODO COMUN
Valor = 63 : Writeeeprom Valor , 0 : Valor = 6 : Writeeeprom Valor , 1
Valor = 91 : Writeeeprom Valor , 2 : Valor = 79 : Writeeeprom Valor , 3
Valor = 102 : Writeeeprom Valor , 4 : Valor = 109 : Writeeeprom Valor , 5
Valor = 125 : Writeeeprom Valor , 6 : Valor = 7 : Writeeeprom Valor , 7
Valor = 127 : Writeeeprom Valor , 8 : Valor = 103 : Writeeeprom Valor , 9
*****
'VARIABLES ENTRADAS ANALOGICAS
Dim T1 As Word , Wd1 As Word , Wd2 As Word , Wd3 As Word
Dim Sp1 As Byte , Swd1 As Byte , Swd2 As Byte , Swd3 As Byte
Dim V1 As String * 3 , V2 As String * 3 , V3 As String * 3 , V4 As String * 3
Dim Sv1 As String * 3 , Sv2 As String * 3 , Sv3 As String * 3 , Sv4 As String * 3
*****
'VARIABLES RELES Y ENTRADAS DIGITALES
Con1 Alias PORTC.0 : Con2 Alias PORTC.1 : Con3 Alias PORTC.6 : Con4 Alias PORTC.7
DDRC.0 = 1 : DDRC.1 = 1 : DDRC.6 = 1 : DDRC.7 = 1 : Con1 = 1 : Con2 = 1 : Con3 = 1 : Con4 = 1
Sirena Alias PORTB.5 : DDRC.5 = 1 : Sirena = 1 : Energ Alias PORTC.5 : DDRC.5 = 0
Foco_verde Alias PORTA.6 : Foco_rojo Alias PORTA.7 : DDRA.6 = 1 : DDRA.7 = 1 : Foco_verde = 1 : Foco_rojo = 1
*****
```

FIGURA 3.24 VARIABLES DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HORA GMT EN EL GPS. [PROPIO]

En la Figura 3.25 se visualiza la rutina principal o la que se ejecuta cíclicamente

```

*****
Print "INGRESE MSG:" ; Chr(13)
Print #3 , "HORA AC." ; " " ; "T1S" ; " " ; "T1A" ; " " ; "V2S" ; " " ; "V2A" ; "
Inicio:
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "SISTEMA DOMOTICO"
Lowerline
Locate 2 , 1
Lcd " HOME 2016"
Cursor Off

Gosub Leer_gps           ' LEER UBICACION ACTUAL
Gosub Entradas_analogicas
Gosub Entradas_digitales
Gosub Display_temperatura ' LEER ENTRADAS ANALOGICAS
Gosub Alarma
Gosub Armar_alarma
Gosub Envio_aux

Goto Inicio
*****

```

FIGURA 3.25 RUTINA PRINCIPAL. [PROPIO]

En la Figura 3.26 se muestra el código donde el microcontrolador determina que comando se ha recibido y ejecutar la acción según comando, ver tabla 5.1.

```

Serial0charmatch:
  Serin Comandol , 45 , D , 0 , Mybaud , 0 , 8 , 1
  S = Mid(comandol , 4 , 6)
  Cls
  Locate 1 , 1
  Lcd Comandol
  Lowerline
  Locate 2 , 1
  Lcd "S: " ; S
  Wait 1
  Numero = Mid(comandol , 9 , 1)
  Letra2 = Mid(comandol , 10 , 1)

```

FIGURA 3.26 PROGRAMA DE RECEPCIÓN DE COMANDOS. [PROPIO]

En la Figura 3.27 se muestra parte de la rutina para ejecutar parte de los comandos, el código completo del programa se encontrara en el apéndice y CD que viene con esta Tesis.

<pre> Case "1" Con1 = 0 Con2 = 0 Gosub Enviar_rpta Case "4" Con1 = 1 Con2 = 1 Gosub Enviar_rpta Case "2" Con3 = 0 Gosub Enviar_rpta Case "5" Con3 = 1 Gosub Enviar_rpta Case "N" Sirena = 0 Gosub Enviar_rpta Case "M" Sirena = 1 Gosub Enviar_rpta Case "3" 'Enviar ubicacion por sms Print "at+cmgs=" ; Chr(34) ; Num1(1) ; Num1(2) ; Num1(3) ; Num1(4) ; Num1(5) ; Num1(6) ; Wait 1 Print "http://maps.google.com/maps?q=" ; Latitudt ; "," ; Longitudt ; Chr(26) ; Chr(13) </pre>	
---	--

FIGURA 3.27 PARTE DE CÓDIGO PARA EJECUTAR COMANDOS. [PROPIO]

CAPITULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

En este capítulo se mostrara la tabla de costos para la implementación del proyecto en una se mostrara solo los costos de materiales y la otra tabla se considera los costos de ingeniería con un costo por hora de S/.40.

Tabla 4.1 Costo de materiales

ITEM	MATERIALES	CANT.	P.UNIT.	P. TOTAL
1	MICROONTROLADOR ATMEGA32	1	S/. 20.00	S/. 20.00
2	LCD 16 X2	1	S/. 22.00	S/. 22.00
3	FUENTE 5V INDUSTRIAL	1	S/. 190.00	S/. 190.00
4	FUENTE 5V NORMAL	1	S/. 25.00	S/. 25.00
5	MODULO 4 RELES	1	S/. 35.00	S/. 35.00
6	MODULO 2 RELES	1	S/. 15.00	S/. 15.00
7	RELAY 11 PINES	1	S/. 20.00	S/. 20.00
8	SENSOR LM35	1	S/. 10.00	S/. 20.00
9	MODULO MODEM PLC	1	S/. 100.00	S/. 100.00
10	MODULO GPS SKYLAB	1	S/. 90.00	S/. 90.00
11	RESISTENCIAS	10	S/. 0.30	S/. 3.00
12	MODULO BLUETOOTH	1	S/. 40.00	S/. 40.00
13	LEDS	5	S/. 0.40	S/. 2.00
14	CRISTAL	1	S/. 2.50	S/. 2.50
15	PULSADORES	2	S/. 3.00	S/. 6.00
16	CIRCULINA	1	S/. 50.00	S/. 50.00
17	PLACA IMPRESA	1	S/. 100.00	S/. 100.00
18	CAJA METALICA PARA PLACA	1	S/. 125.00	S/. 125.00
19	CONECTORES/CABLES /OTROS	1	S/. 230.00	S/. 230.00
	TOTAL			S/. 1085.50

Tabla 4.2. Costos de materiales más Ingeniería

ITEM	MATERIALES	CANT.	P.UNIT.	P. TOTAL
1	MICROONTROLADOR ATMEGA32	1	S/. 20.00	S/. 20.00
2	LCD 16 X2	1	S/. 22.00	S/. 22.00
3	FUENTE 5V INDUSTRIAL	1	S/. 190.00	S/. 190.00
4	FUENTE 5V NORMAL	1	S/. 25.00	S/. 25.00
5	MODULO 4 RELES	1	S/. 35.00	S/. 35.00
6	MODULO 2 RELES	1	S/. 15.00	S/. 15.00
7	RELAY 11 PINES	1	S/. 20.00	S/. 20.00
8	SENSOR LM35	1	S/. 10.00	S/. 20.00
9	MODULO MODEM PLC	1	S/. 100.00	S/. 100.00
10	MODULO GPS SKYLAB	1	S/. 90.00	S/. 90.00
11	RESISTENCIAS	10	S/. 0.30	S/. 3.00
12	MODULO BLUETOOTH	1	S/. 40.00	S/. 40.00
13	LEDS	5	S/. 0.40	S/. 2.00
14	CRISTAL	1	S/. 2.50	S/. 2.50
15	PULSADORES	2	S/. 3.00	S/. 6.00
16	CIRCULINA	1	S/. 50.00	S/. 50.00
17	PLACA IMPRESA	1	S/. 100.00	S/. 100.00
18	CAJA METALICA PARA PLACA	1	S/. 125.00	S/. 125.00
19	CONECTORES/CABLES /OTROS	1	S/. 230.00	S/. 230.00
20	INGENIERIA COSTO POR HORA	40	S/. 50.00	S/. 2,000.00
	TOTAL			S/. 3,085.50

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar y probar aplicaciones Domóticas con la Integración de la Tecnología PLC (Power Line Communications) con la Tecnología Bluetooth, para aplicaciones de Domótica y M2M.
- Se logró seleccionar el microcontrolador más adecuado para la presente tesis, el cual es el ATMEGA32.
- Se logró configurar el Modulo Bluetooth HC06 y el Modem PLC, para la comunicación con el microcontrolador.
- Se logró diseñar un protocolo de comunicaciones del microcontrolador con el Modem PLC.
- Se logró desarrollar el software necesario para el sistema domotico planteado.
- Se logró simular todo el proyecto usando el Proteus 8.0

BIBLIOGRAFÍA

1. Dostert, Klaus. Powerline Communications. Estados Unidos: Editorial Prentice Hall, 2001. 338 pp.
2. Orozco, Josué Roberto. Tecnología Digital Power Line Carrier o transmisión de datos en banda ancha a través de la red eléctrica. Tesis Ing. Electrónica. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 167 pp.
3. Pla Llopis, Luis y César Mariel Albert. Power Line Communications. Tesis Escuela Técnica Politécnica de Valencia, España: 2003.
4. Taub, Herbert y Donald L., Schilling. Principles of Communications Systems. 2a ed. Singapore: Editorial McGraw-Hill, 1986. 759 pp.
5. Stallings, W. Redes e Internet de Alta Velocidad, Rendimiento Calidad de Servicio. 2ª ed. España: Editorial Prentice Hall, 2004.
6. Anckerman, Kevin. Timed Power Data Communication. Tesis Msc. Of Electrical Engineering, Universidad de Saskatchewan, Canada: 2005.
7. Powerline Carrier (PLC) Communication System. http://www.it.kth.se/iw01_zkh (diciembre 2005).
8. Historia, Sociedad, Tecnología y Crecimiento de la Red. <http://www.tdx.cesca.es/TDX-1104104-101718> (enero 2006).
9. <http://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespicc/chapter/lenguajes-de-programacion/>
10. <http://www.atmel.com/devices/atmega32.aspx?tab=documents>
11. Barbara Pareglio, "ETSI M2M Architecture Introduction, ETSI M2M Workshop," 2012.
12. Min Chen, Jiafu Wan, and Fang Li, "Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications," vol. 6, no. 2, 2012.
13. José Antonio Rodríguez Fernández and José Luis Martín Peinado, Hablando se entienden las máquinas. Servicios M2M en redes móviles.: Telefónica I+D, 2005.
14. Beecham Research, "M2M World of Connected Services," Londres, 2009.
15. V. Galetic et al., "Basic principles of Machine-to-Machine communications and its impact on telecommunications industry," Opatija, Croacia. , 2011.
16. David Boswarthick, Omar Elloumi, and Olivier Hersent, M2M Communications a System Approach.: John Wiley & Sons Ltd, 2012.
17. Sonia Maldonado. (2012, Octubre) Blog CMT. [Online]. <http://blogcmt.com/2012/10/19/la-evolucion-de-las-lineas-m2m/>